

# sericologia

**Revue des Vers à Soie**

**Journal of Silkworms**

**Publiée par la Commission Séricicole Internationale**  
***Published by the International Sericultural Commission***  
**26, rue Bellecordière - 69002 Lyon - France**

**Directeur Gérant**  
**Rédacteur en Chef**

**B. MAUCHAMP**  
**G. CHAVANCY**

**Managing Director**  
**Chief Editor**

## **COMITE DE REDACTION** ***EDITORIAL BOARD***

CAPPELLOZZA S. (Italie / Italy)  
CHEN Y. (Chine / China)  
COUBLE P. (France)  
DANDIN S.B. (Inde / India)  
DAS B.C. (Inde / India)  
FONSECA T.C. (Brésil / Brazil)  
FREDDI G. (Italie / Italy)  
GOLDSMITH M.R. (USA)  
HE K. (Chine / China)  
IATROU K. (Grèce / Greece)  
JOLLY M.S. (Inde / India)  
KOBAYASHI M. (Japon / Japan)  
KUSAKABE T. (Japon / Japan)

LEA H. Z. (Corée / Korea)  
LEGAY J.-M. (France)  
MACHII H. (Japon / Japan)  
MASE K. (Japon / Japan)  
MAUCHAMP B. (France)  
MIRANDA J. E. (Brésil / Brazil)  
SOMASHEKAR T.H. (Inde / India)  
SONWALKAR T.N. (Inde / India)  
TRENCZEK T. (Allemagne / Germany)  
TZENOV P. (Bulgarie / Bulgaria)  
XIA Q. (Chine / China)  
YAMASHITA O. (Japon / Japan)  
YUNGEN M. (Chine / China)

## INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

1) Papers should be in French or in English and be original contributions or reviews in the field of sericulture including silkworm, host plant, silk reeling, whatever the nature of studies (basic or applied) and topics (biochemistry, ecology, economy, virology, genetics, etc.).

2) Papers should be submitted to: **Dr G. CHAVANCY** or to [sericologia@inserco.org](mailto:sericologia@inserco.org). Submission of a paper to the Editor implies that it has not previously been published, that it is not under consideration for publication elsewhere and that, if accepted in *SERICOLOGIA*, it will not be published elsewhere in the same form without the written consent of the Editor.

3) Manuscripts and illustrations should be submitted in duplicate and the author should retain one copy. In the case of multiple ownership, the authors indicate who is to receive the proofs.

4) Manuscripts should be typewritten with double spacing and wide margin. Authors are requested to keep their communication as concise as possible. Footnotes should be avoided and italics should not be used for emphasis.

5) The typescript should contain the following features:

- Title followed by the author's name and full address.
- Abstract which should be a brief summary of the contents and conclusions of the paper and should refer to any new information. It should not exceed 200 words and may be divided into numbered sections.
- Keywords. A short list of keywords provided for rapid scanning of the contents of the paper and used for compiling the index.

- Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion should be given for papers presenting original results. For review, authors may choose the convenient presentation.

- Acknowledgements.

- References. The 'Harvard system' is to be followed. References should be detailed in the following order: author's names and initials, date (in parentheses), the title of the article, the name of the journal as abbreviated in the World List of Scientific Periodicals (4th edit., 1963), the volume and the first and last pages of the article.

For books, the author's names, date of publication, title, edition, number of pages, reference, publisher's name and the place of publication should be given.

In the text, references should be given as Dupont (1964) or (Dupont, 1964). When a citation includes more than two authors, e. g. Dupont, Durand and Martin, the paper should be cited in the text as Dupont *et al.*, provided this is not ambiguous. If papers by the same author(s) in the same year are cited they should be distinguished by the letters a, b, etc.

References to a paper "In press" means that it has been accepted for publication and given as follows:

SETOYAMA K. (1982) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. *J. Seric. Sci. Jpn.* In press.

6) Illustrations. All necessary illustrations should accompany the manuscript but should not be inserted in the text. All photographs, graphs and diagrams should be numbered consecutively in Arabic numerals in the order in which they are referred to in the text.

Glossy photographs or positive prints (not X-ray, negatives or slides) should be sent, unmounted wherever possible, and should be restricted to the minimum necessary.

Charts, graphs or diagrams should be drawn boldly in black ink on good quality white paper or card. Lettering to appear on the illustration should be given in full and should be of sufficient size to allow for considerable reduction where necessary.

Illustrations should not be larger than 14 × 19 cm. On the back of each illustration should be indicated the author's name, the figure number (in arabic numerals) and the top of illustration, when it is not clear.

Legends to figures should be typed on a separate sheet and not on the back of the original, and should give sufficient data to make the illustration comprehensible without reference to the text.

7) Tables. They should be numbered in roman numerals, typed on separate sheets and should have a title which will make the meaning clear without reference to the text. All tables and figures would be referred to in the text.

8) Only standard abbreviations should be used. Where specialized abbreviations are used, the name should firstly be given in full with the abbreviation indicated in parentheses.

9) The Latin names should be given for all species used in investigation.

10) Corrections to proofs should be restricted to printer's errors only. Other than these, substantial alterations will be charged to the author.

11) A reprint order form will be supplied with the proofs, and authors may order such reprints as they require when the proofs are returned. Please note that 25 free reprints are sent by the Editor.

## INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1) Les articles présentés doivent concerner soit des travaux originaux, soit des synthèses. Ils doivent être rédigés en français ou en anglais. Ils doivent avoir trait à la sériciculture qui inclut les vers à soie, les plantes nourricières, la filature de la soie quelle que soit la nature des recherches (fondamentales ou appliquées) et des sujets (biochimie, écologie, économie, virologie, génétique, etc.).

2) Les articles doivent être soumis à : **Dr G. CHAVANCY** ou à [sericologia@inserco.org](mailto:sericologia@inserco.org). Les articles soumis au Rédacteur doivent être inédits et ne doivent pas être présentés pour publication chez un autre éditeur. Les articles acceptés pour publication dans SERICOLOGIA ne pourront être publiés ailleurs sous la même forme sans le consentement écrit de l'éditeur.

3) Les manuscrits et illustrations doivent être soumis en double exemplaire, l'auteur conservant une copie. Dans le cas d'une co-rédaction, les auteurs doivent indiquer le nom de celui qui recevra les épreuves.

4) Les manuscrits doivent être dactylographiés avec un double interligne et des marges importantes. Les auteurs sont priés de rédiger des communications aussi concises que possible. Les renvois de bas de page sont à éviter et les caractères en italique ne doivent pas être utilisés pour la mise en relief.

5) L'article doit être présenté de la façon suivante:

- Le titre suivi du nom de l'auteur et de son adresse complète.
- Le résumé qui doit indiquer le contenu et les conclusions de l'article et doit faire référence à des informations nouvelles. Le résumé ne doit pas excéder 200 mots et peut être divisé en paragraphes numérotés.

- Les mots clés. Une petite liste de mots clés permettant une rapide analyse du contenu de l'article et utilisable pour la compilation de l'index.

- Les articles doivent être divisés en : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats et Discussion. Pour les articles de synthèse, les auteurs peuvent choisir la présentation qui leur convient.

- Remerciements.

- Références. Les auteurs doivent suivre le "Harvard system". Les références doivent être données dans l'ordre suivant : nom de l'auteur et ses initiales, date (entre parenthèses), titre de l'article, nom du journal tel qu'il est abrégé dans la liste mondiale des périodiques scientifiques (4ème édit. 1963), le volume et les première et dernières pages de l'article.

Pour les livres, il est nécessaire d'indiquer le nom de l'auteur et ses initiales, la date de publication, le titre, l'édition, le nombre de pages, le nom de l'éditeur et le lieu d'édition.

Dans le texte, les références doivent être indiquées sous la forme suivante : Dupont (1964) ou (Dupont, 1964). Lorsque la référence comprend plus de deux auteurs, par exemple Dupont, Durand et Martin, l'article doit être cité comme Dupont et coll. sauf si cela peut prêter à confusion. Si l'on cite des articles d'un même auteur publiés la même année, ils doivent être distingués par les lettres a, b, etc.

La référence à un article sous presse doit signifier que l'article a été accepté pour publication et elle doit s'écrire de la façon suivante :

SETOYAMA K. (1982) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. J. Seric. Sci. Jpn. Sous presse.

6) Illustrations. Le manuscrit sera accompagné de toutes les illustrations nécessaires mais celles-ci ne doivent pas être insérées dans le texte. Toutes les photographies, graphiques et diagrammes doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes, dans l'ordre de citation du texte.

Les photographies sur papier brillant, ou les épreuves positives (pas de négatifs ou de diapositives) doivent être envoyées si possible sans montage et en nombre limité.

Les cartes, graphiques ou diagrammes doivent être dessinés nettement à l'encre noire sur le papier ou du carton blanc de bonne qualité. Les inscriptions apparaissant sur les illustrations doivent être complètes et de taille suffisante pour permettre une réduction importante si nécessaire.

Les illustrations ne doivent pas dépasser le format 14 × 19 cm. Au dos de chaque illustration doivent être indiqués le nom de l'auteur, le n° de la figure (en chiffres arabes) et l'orientation de l'illustration si nécessaire.

Les légendes des figures doivent être dactylographiées sur une feuille séparée et non pas au dos de l'original et elles doivent être suffisamment explicites pour éviter que l'on se reporte au texte.

7) Tableaux. Ils doivent être numérotés en chiffres romains et dactylographiés sur des feuilles séparées. Les titres doivent être suffisamment clairs sans qu'il soit nécessaire de se reporter au texte. Tous les tableaux et figures doivent être cités dans le texte.

8) Seules les abréviations normalisées sont autorisées. Lorsque des abréviations particulières sont utilisées, le nom devra d'abord être donné en entier suivi de l'abréviation entre parenthèses.

9) Le nom latin de toutes les espèces étudiées doit être indiqué.

10) Les corrections des épreuves doivent se limiter aux fautes de frappe. Toutes modifications importantes de l'article seront facturées à l'auteur.

11) Un bon de commande de tirés à part est fourni en même temps que les épreuves. Les auteurs peuvent ainsi commander des tirés à part en renvoyant les épreuves. Il est à noter que 25 tirés à part sont envoyés gratuitement par l'éditeur.

## SOMMAIRE - CONTENTS

## Revue / Review

- China mulberry sericulture in the eleventh five-years plan (2006-2010)** 451  
 La sériciculture mûrier en Chine pendant le onzième plan quinquennal (2006 -2010) 463  
 REN YONGLI, DOU YONGQUN, ZHANG JIAN & LI LONG

## Article scientifique / Scientific paper

- Studies on hypervitaminosis and early larval maturation in the silkworm *Bombyx mori* L. induced by vitamin C treatment** 471  
 Etudes sur l'hypervitaminose et sur la maturation larvaire précoce chez le ver à soie *Bombyx mori* L., induite par un traitement à la vitamine C 479  
 AABID KHALIQ TANTRAY, KANIKA TRIVEDI & S. NIRMAL KUMAR

## Rapports techniques / Technical reports

- Radial mountage (RM) – a simple self mounting and cocoon spinning tool of domestic mulberry silkworm, *Bombyx mori* (Linn)** 485  
 L'encabanage radial (RM) – un outil simple pour la montée libre et le filage du cocon du ver à soie domestique, *Bombyx mori* (Linn) 495  
 G. V. PRASAD, R. MANOHAR REDDY, M. RAGHUPATHI, T. MOGILI, CH. S. RAJU & S. M. H. QADRI

- Impact of mounting methods on cocoon quality and reeling parameters of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L.** 501  
 Impact des méthodes d'encabanage sur la qualité du cocon et les paramètres de dévidage du ver à soie mûrier *Bombyx mori* L. 509  
 G. B. SINGH, K. S. CHANDRAKANDTH & S. M. H. QADARI

- TNAU mulberry sapling production technology** 513  
 La technologie "TNAU" de production de jeunes mûriers 523  
 R. KRISHNAN, M. MUTHUSWAMI & P. MOHANRAJ

- De-topping and GA3, the two powerful tools for inducing rootability in shoot cuttings of *Terminalia arjuna* (Bedd), through juvenility induction** 529  
 Ecimage et GA3, les deux outils puissants pour induire le racinement des boutures de *Terminalia arjuna* (Bedd.) par l'induction de la juvénilité 539  
 P. S. SINHA, M. K. SINGH, B. M. K. SINGH & N. B. VIJYA PRAKASH

- Genetic diversity of selected mulberry (*Morus* spp.) genetic resources for drought resistance characters** 545  
 La diversité génétique de ressources génétiques du mûrier (*Morus* sp.) sélectionnées pour leurs caractères de résistance à la sécheresse 557  
 K. JHANSI LAKSHMI & S. B. DANDIN

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Studies on factors influencing quality of fine denier silk</b>         | <b>565</b> |
| Etudes sur les facteurs influençant la qualité de la soie à titre fin     | 579        |
| B. M. MAHADEVAIAH, S. A. HIREMATH, B. G. PATIL, SUBRATA DAS & SUBRATA ROY |            |

**Note brève / Brief note**

|                                                                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Structure and innervation of sensilla present on the ovipositor of the silkmoth, <i>Bombyxmori</i> L.</b>        | <b>587</b> |
| Structure et innervation des sensilles présentes sur l'ovipositeur du papillon du ver à soie, <i>Bombyx mori</i> L. | 595        |
| S. M. WAZALWAR, M. M. RAI, M. K. RATHOD & A. M. KHURAD                                                              |            |

## CHINA MULBERRY SERICULTURE IN THE ELEVENTH FIVE-YEARS PLAN (2006-2010)

REN YONGLI<sup>1</sup>, DOU YONGQUN<sup>1</sup>, ZHANG JIAN<sup>2</sup> & LI LONG<sup>2\*</sup>

1. Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, Jiangsu, China.

2. Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, Jiangsu, China.

### SERICULTURE PRODUCTION IN "THE ELEVENTH FIVE-YEAR PLAN" PERIOD

During "the eleventh five-year plan" period (2006--2010), the accumulated mulberry cocoon output of China was about 3.3713 million ton, the released silkworm eggs to farmers were about 89.7036 million boxes and increased 26.11%, 12.61% respectively than those in "the tenth five-year plan" period. The mulberry cocoon output, mulberry field area and silkworm egg release quantity reached 782,098 ton, 922,620 ha and 21.6318 million boxes in 2007, which were in highest records during "the eleventh five-year plan" period.

China's sericulture in terms of the mulberry field area, silkworm egg release quantity and cocoon production status (2001-2010) are shown in Table I.

#### Mulberry field area:

According to the data in Table I, the yearly mulberry field area in China was respectively 855,680 ha, 922,620 ha, 878,900 ha, 780,533 ha and 807,053 ha during 2006—2010, increasing (or decreasing) by 10.60%, 7.82%, -4.74% , -11.19% and 3.40% respectively over previous year.

#### Silkworm eggs:

During 2006—2010, the yearly silkworm egg production in China was 20.0681 million boxes, 21.6318 million boxes, 17 8637 million boxes, 14.38 million boxes and 15.76 million boxes, increasing(or decreasing) by 17.65%, 7.79%, -17.42%, — 19.50% and 9.60% respectively over previous year.

#### Cocoon output:

During 2006—2010, the yearly cocoon output in China was 739,715.34 ton, 782,098.21 ton, 677,648.17 ton, 555,559 ton and 616,289.3 ton, increasing (or decreasing) by 20.06%, 5.73%, -13.36%, -18.02% and 10.93% respectively over previous year.

---

\*Author for correspondence: Email: [seri68@hotmail.com](mailto:seri68@hotmail.com).

Table I. Mulberry Field Area, Silkworm Egg and Cocoon Production in 2001--2010.

Tableau I. Superficie de muraies et production d'œufs et de cocons du ver à soie de 2001 à 2010.

|                                    | Year           | Mulberry field area (ha)          | Over the previous year (%)                  | Silkworm egg (10000box)                      | Over the previous year (%)                  | Cocoon production (ton)              | Over the previous year (%)                  | Cocoon Output (kg / box)                 |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                    | <i>Année</i>   | <i>Superficie De muraies (ha)</i> | <i>Par rapport à l'année précédente (%)</i> | <i>Oeufs de ver à soie (boîte de 10 000)</i> | <i>Par rapport à l'année précédente (%)</i> | <i>Production de cocons (tonnes)</i> | <i>Par rapport à l'année précédente (%)</i> | <i>Production de cocons (kg / boîte)</i> |
| The eleventh Five-year plan        | 2006           | 855,680                           | 10.60                                       | 2,006.81                                     | 17.65                                       | 739,715.34                           | 20.06                                       | 36.86                                    |
|                                    | 2007           | 922,620                           | 7.82                                        | 2,163.18                                     | 7.79                                        | 782,098.21                           | 5.73                                        | 36.16                                    |
|                                    | 2008           | 878,900                           | -4.74                                       | 1,786.37                                     | -17.42                                      | 677,648.17                           | -13.36                                      | 37.93                                    |
| <i>Le onzième plan quinquennal</i> | 2009           | 780,533                           | -11.19                                      | 1,438.00                                     | -19.50                                      | 555,559.00                           | -18.02                                      | 38.63                                    |
|                                    | 2010           | 807,053                           | 3.40                                        | 1,576.00                                     | 9.60                                        | 616,289.30                           | 10.93                                       | 39.10                                    |
|                                    | <b>Total 1</b> | —                                 | —                                           | <b>8,970.36</b>                              | —                                           | <b>3,371,310.02</b>                  | —                                           | —                                        |
| The tenth five-year plan           | 2001           | 721,013                           | —                                           | 1,594.69                                     | —                                           | 512,707.68                           | —                                           | 32.15                                    |
|                                    | 2002           | 754,280                           | 4.61                                        | 1,651.30                                     | 3.55                                        | 515,884.85                           | 0.62                                        | 31.24                                    |
|                                    | 2003           | 765,733                           | 1.52                                        | 1,482.85                                     | -10.20                                      | 481,470.15                           | -6.67                                       | 32.47                                    |
| <i>Le dixième plan quinquennal</i> | 2004           | 781,107                           | 2.01                                        | 1,531.14                                     | 3.26                                        | 547,091.30                           | 13.63                                       | 35.73                                    |
|                                    | 2005           | 773,640                           | -0.96                                       | 1,705.76                                     | 11.40                                       | 616,145.73                           | 12.62                                       | 36.12                                    |
|                                    | <b>Total 2</b> | —                                 | —                                           | <b>7,965.74</b>                              | —                                           | <b>2,673,299.71</b>                  | —                                           | —                                        |

Notes: the data of 2001 -2008 is sourced from China Silk Yearbook and the data of 2009 -2010 sourced from Department of Crop Farming Administration / Les données entre 2001 - 2008 proviennent du China Silk Yearbook et les données de 2009 à 2010 proviennent du Département des Cultures.

### The productivity per box of the eggs:

It is shown from the analysis on the statistic data that the cocoon output per box of the eggs increased gradually from 36.12kg/box in 2005 (last year of the 10<sup>th</sup> –Five Years) to 39.10kg/box in 2010 (last year of the 11<sup>th</sup> –Five Years), increasing up 8.26%. The highest was recorded in Jiangsu and Zhejiang Provinces where per box of eggs produced 44 kg of the green cocoons in 2010.

## MOVING AVERAGE ANALYSIS

To understand the sericulture development trend, we introduced moving average method (MAM) to analyze the fluctuation of mulberry field areas, egg and cocoon production. The results showed that there is no significant trend of rapid growth or decline. The trends are as figs 1 3.

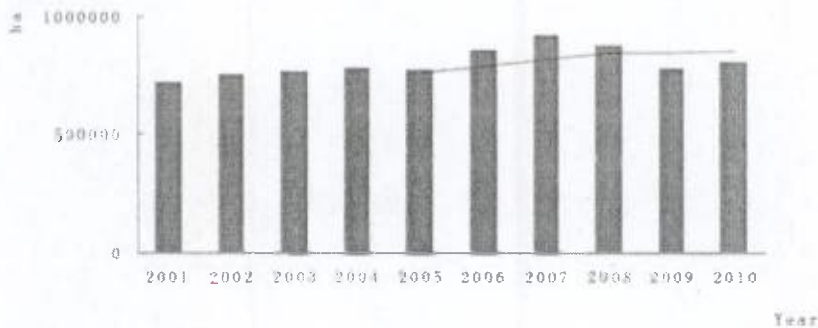


Fig.. 1. MAM for mulberry field. / Fig. 1. MAM pour les muraies.

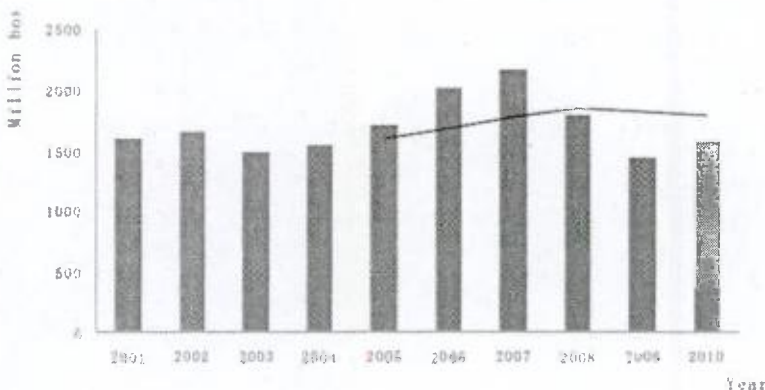


Fig. 2. MAM for silkworm egg production.

Fig. 2. MAM pour la production d'œufs de ver à soie.

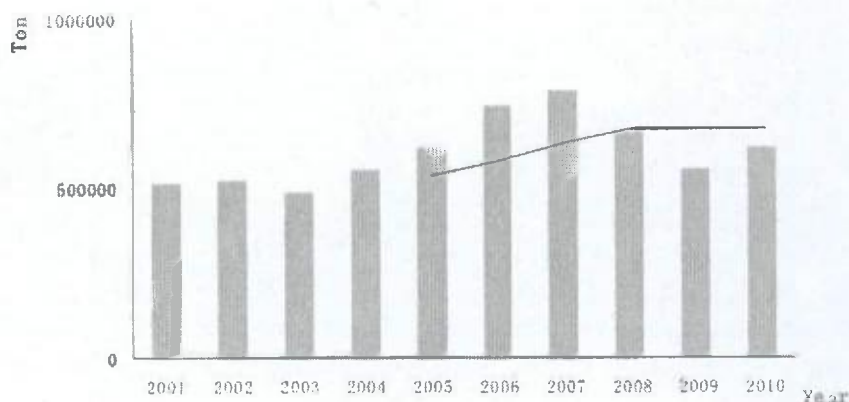


Fig. 3. MAM for cocoon production / Fig. 3. MAM pour la production de cocons

### TOP TEN SERICULTURAL PROVINCES

In order to understand China's sericultural development, we list top ten sericultural provinces based on the green cocoon production data in 2001 (the first year of "the tenth five-year plan" period) and 2010 (the final year of "the eleventh five-year plan" period).

#### Top ten provinces in 2001:

From Table II, we can see that the top ten sericulture production provinces were Zhejiang, Jiangsu, Sichuan, Shandong, Guangxi, Chongqing, Anhui, Guangdong, Shanxi and Hubei in order and their total cocoon output was about 479,422 ton, covering 93.51% of the national total output.

Among them, the cocoon output of Zhejiang Province was 105,000 ton, covering 20.48% of the national total output; the cocoon output of Jiangsu Province was 99,560 ton, covering 19.42% of the national total output; the cocoon output of Sichuan Province was 79,703 ton, covering 15.55% of the national total output; the cocoon output of Shandong Province was 44,748 ton, covering 8.73% of the national total output; the cocoon output of Guangxi Province was 38,400 ton, covering 7.49% of the national total output; the cocoon output of Chongqing City was 31,088 ton, covering 6.06% of the national total output; the cocoon output of Anhui Province was 28,400 ton, covering 5.54% of the national total output; the cocoon output of Guangdong Province was 22,500 ton, covering 4.39% of the national total output; the cocoon output of Shanxi Province was 16,523 ton, covering 3.22% of the national total output; the cocoon output of Hubei Province was 13,500 ton, covering 2.63% of the national total output (Fig-4).

Table II. Top Ten Sericultural Provinces in China

Tableau II. Les dix principales provinces séricicoles en Chine.

| Type                                | Year<br>Année                                 | Guangxi   | Jiangsu  | Sichuan | Zhejiang | Yunnan   | Guang<br>-dong | Anhui   | Shandong | Shanxi  | Chong<br>-qing | Hubei   |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|----------|---------|----------|----------|----------------|---------|----------|---------|----------------|---------|
| Cocoon                              | 2001                                          | 38,400    | 99,560   | 79,703  | 105,000  | 9,400    | 22,500         | 28,400  | 44,748   | 16,523  | 31,088         | 13,500  |
| Production (tons)                   | 2010                                          | 214,000   | 77,399   | 71,000  | 57,000   | 40,000   | 39,300         | 25,000  | 22,000   | 17,600  | 17,200         | 10,600  |
| Production<br>de cocons<br>(tonnes) | Change<br>Status<br>Changement<br>de position | + 175,600 | - 22,161 | - 8,703 | - 48,000 | + 30,600 | + 16,800       | - 3,400 | - 22,748 | + 1,077 | - 13,888       | - 2,900 |
| Rank                                | 2001                                          | 5         | 2        | 3       | 1        | 11       | 8              | 7       | 4        | 9       | 6              | 10      |
| Classement                          | 2010                                          | 1         | 2        | 3       | 4        | 5        | 6              | 7       | 8        | 9       | 10             | 11      |
|                                     | Change Status<br>Changement<br>de position    | ↑         | →        | →       | ↓        | ↑        | ↑              | →       | ↓        | →       | ↓              | ↓       |
| % of the total                      | 2001                                          | 7.49      | 19.42    | 15.55   | 20.48    | 1.83     | 4.39           | 5.54    | 8.73     | 3.22    | 6.06           | 2.63    |
|                                     | 2010                                          | 34.72     | 12.56    | 11.52   | 9.25     | 6.49     | 6.38           | 4.06    | 3.57     | 2.86    | 2.79           | 1.72    |
| % du total                          | Change Status<br>Changement de<br>position    | ↑         | ↓        | ↓       | ↓        | ↑        | ↑              | ↓       | ↓        | ↓       | ↓              | ↓       |

Notes: the data of 2001 is sourced from China Silk Yearbook and the data of 2010 sourced from Department of Crop Production, Ministry of Agriculture. / Les données de 2001 proviennent du China Silk Yearbook et les données de 2010 proviennent du Département des Cultures, Ministère de l'Agriculture.

**Top ten provinces in 2010:**

They were Guangxi, Jiangsu, Sichuan, Zhejiang, Yunnan, Guangdong, Anhui, Shandong, Shanxi and Chongqing in order and their total cocoon output was about 580,499 ton, covering 94.19% of the national total output.

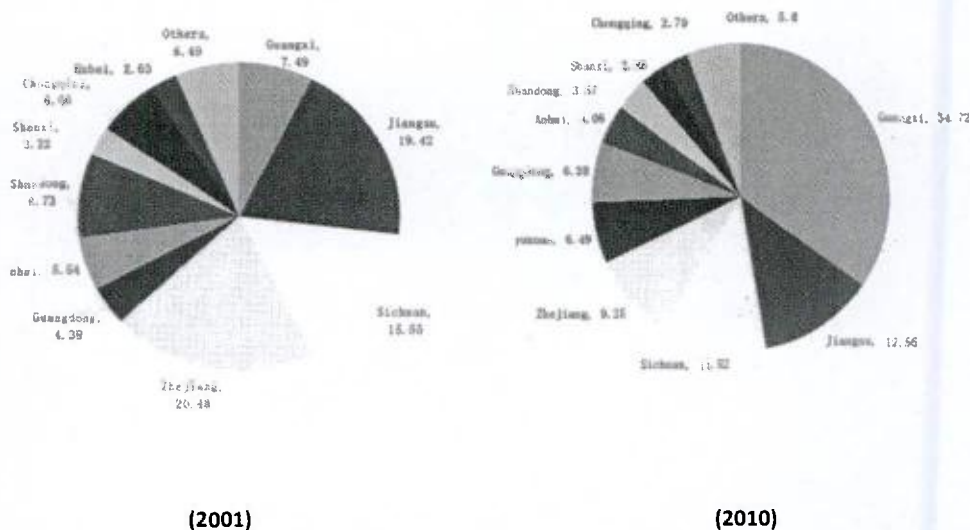


**Fig-4 Ratio changes of cocoon production for top ten provinces in 10 years**

*Fig 4. Changements de ratio pour la production de cocons dans les dix premières provinces en 10 ans.*

Among them, the cocoon output of Guangxi Province was 214,000 ton, covering 34.72% of the national total output; the cocoon output of Jiangsu Province was 77,399 ton, covering 12.56% of the national total output; the cocoon output of Sichuan Province was 71,000 ton, covering 11.52% of the national total output; the cocoon output of Zhejiang Province was 57,000 ton, covering 9.25% of the national total output; the cocoon output of Yunnan Province was 40,000 ton, covering 6.49% of the national total output; the cocoon output of Guangdong Province was 39,300 ton, covering 6.38% of the national total output; the cocoon output of Anhui Province was 25,000 ton, covering 4.06% of the national total output; the cocoon output of Shandong Province was 22,000 ton, covering 3.57% of the national total output; the cocoon output of Shanxi Province was 17,600 ton, covering 2.86% of the national total output; the cocoon output of Chongqing City was 17,200 ton, covering 2.79% of the national total output (Fig-4).

**THE RANKING CHANGES IN THE TEN YEARS****Provinces on the increase:**

the three ones including Guangxi, Yunnan and Guangdong, their output showed absolute increase and their ranks raised from the 5<sup>th</sup>, the 11<sup>th</sup> and the 8<sup>th</sup> to the 1<sup>st</sup>, the 5<sup>th</sup> and the 6<sup>th</sup>. Especially, the 2010 cocoon output of Guangxi increased 175, 600 ton than that in 2001, up

457.29%, the increase range was the biggest and its output ratio of the national total output increased from 7.49% in 2001 to 34.72% in 2010.

#### Unchanged provinces:

The four ones including Jiangsu, Sichuan, Anhui and Shanxi, their ranks remained unchanged, but only the absolute cocoon output of Shaanxi got increased at some extent, while those of Jiangsu, Sichuan and Anhui decreased 22,161 ton, 8,703 ton and 3,400 ton respectively.

#### Provinces on the decrease:

The three ones including Zhejiang, Shandong and Chongqing City, their ranks dropped to the 4<sup>th</sup>, the 8<sup>th</sup> and the 10<sup>th</sup> in 2010 from the 1<sup>st</sup>, the 4<sup>th</sup> and the 6<sup>th</sup> in 2001 respectively, their cocoon output decreased 48,000 ton, 22,748 ton and 13,888 ton respectively, the decrease range was large and their output ratio of the national total output decreased 11.23%, 5.16% and 3.5% respectively; while Hubei Province fell off the top ten ranks.

### CATEGORIES OF SERICULTURAL AREAS

In order to further investigate the distribution status of sericulture regions in China, the 18 production provinces were divided into four categories based on the ratio of each area's cocoon output in the national output in 2010, and they are namely the major production areas, the second important production areas, the minor areas and the scattered production areas (Fig-5).

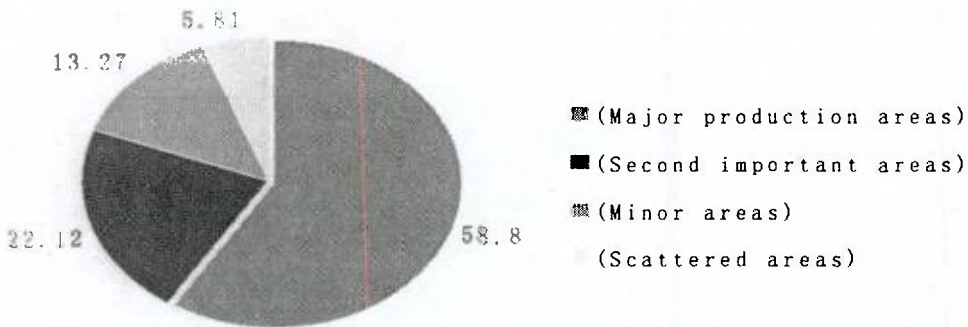


Fig. 5. The proportion of cocoon output in various sericultural regions in China.

*Fig. 5. Part de cocons produits dans les différentes régions séricicoles en Chine.*

The specific status of each area is as follows:

#### Major production areas:

The major production areas refer to the provinces with the yearly cocoon output covering 10% nationwide and above by taking the province as a unit. Such areas include Guangxi, Jiangsu and Sichuan and their total cocoon output in 2010 was 362,400 ton which covered 58.80% of that nationwide (Table III).

**Second important areas:**

The second important areas refer to the provinces with the yearly cocoon output covering between 5-10% nationwide by taking the province as a unit. Such areas include Zhejiang, Yunnan and Guangdong and their total cocoon output in 2010 was 136,300 ton, which covered 22.12% of that nationwide.

**Table III. Major Sericulture Production Areas in China.***Tableau III. Principales zones de production séricicole en Chine.*

| Province     | Cocoon output<br>(ton)                       | Rank              | % of the<br>total |
|--------------|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|              | <i>Production de<br/>cocons<br/>(tonnes)</i> | <i>Classement</i> | <i>% du total</i> |
| Guangxi      | 214,000                                      | 1                 | 34.72             |
| Jiangsu      | 77,399                                       | 2                 | 12.56             |
| Sichuan      | 71,000                                       | 3                 | 11.52             |
| <b>Total</b> | <b>362,400</b>                               |                   | <b>58.80</b>      |

**Table IV. Second Important Sericulture Production Areas in China.***Tableau IV. Zones secondaires de production séricicole en Chine*

| Province     | Cocoon output<br>(ton)                       | Rank              | % of the total    |
|--------------|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|              | <i>Production de<br/>cocons<br/>(tonnes)</i> | <i>Classement</i> | <i>% du total</i> |
| Zhejiang     | 57,000                                       | 4                 | 9.25              |
| Yunnan       | 40,000                                       | 5                 | 6.49              |
| Guangdong    | 39,300                                       | 6                 | 6.38              |
| <b>Total</b> | <b>136,300</b>                               |                   | <b>22.12</b>      |

**Minor areas:**

The minor areas refer to the provinces with the yearly cocoon output covering between 2-5% nationwide by taking the province as a unit. Such areas include Anhui, Shanxi, Shandong and Chongqing and their total cocoon output in 2010 was 81,800 ton, which covered 13.27% of that nationwide.

Table V. Minor Sericulture Production Areas in China.

Tableau V. Zones mineures de production séricicole en Chine.

| Province     | Cocoon output<br>(tons)                  | Rank              | % of<br>the total |
|--------------|------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|              | <i>Production de<br/>cocons (tonnes)</i> | <i>Classement</i> | <i>% du total</i> |
| Anhui        | 25,000                                   | 7                 | 4.06              |
| Shandong     | 22,000                                   | 8                 | 3.57              |
| Shaanxi      | 17,600                                   | 9                 | 2.86              |
| Chongqing    | 17,200                                   | 10                | 2.79              |
| <b>Total</b> | <b>81,800</b>                            |                   | <b>13.27</b>      |

**Scattered areas:**

The scattered production areas refer to the provinces with the yearly cocoon output covering below 2% nationwide by taking the province as a unit. Such areas include Hubei, Henan, Jiangxi, Shanxi, Hunan, Guizhou, Xinjiang and Gansu etc. and their total cocoon output in 2010 was 35,800 ton which covered 5.81% of that nationwide.

Table VI. Scattered Sericulture Production Areas in China

Tableau VI. Zones éparpillées de production séricicole en Chine.

| Province     | Cocoon output<br>(ton)                     | Rank              | % of<br>the total |
|--------------|--------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|              | <i>Production<br/>De cocons<br/>tonnes</i> | <i>Classement</i> | <i>% du total</i> |
| Hubei        | 10,600                                     | 11                | 1.72              |
| Henan        | 7,500                                      | 12                | 1.22              |
| Jiangxi      | 7,000                                      | 13                | 1.14              |
| Shanxi       | 5,894                                      | 14                | 0.96              |
| Hunan        | 2,452                                      | 15                | 0.40              |
| Guizhou      | 1,460                                      | 16                | 0.24              |
| Xinjiang     | 580                                        | 17                | 0.09              |
| Gansu        | 304.3                                      | 18                | 0.05              |
| <b>Total</b> | <b>35,800</b>                              |                   | <b>5.81</b>       |

## SERICULTURAL DEVELOPMENT TRENDS IN CHINA

### **Shifting from developed areas to developing areas:**

With the rapid economy development in the eastern provinces such as Zhejiang, Jiangsu and Shandong etc., the industrialization and urbanization process in the eastern area has been accelerated notably, the land cost and labor cost have been kept rising while the traditional sericulture production has been decreased year by year. But the non-developed areas in China are relatively backward in terms of the social and economic development and own richer land resource and labor resource, so they have the natural conditions and social base to develop sericulture. That's why the cocoon production area is shifting from developed areas to non-developed areas. According to statistics, the GDP per capita in 2010 was \$ 7924.26 for Jiangsu Province, \$ 7911.56 for Zhejiang Province, \$ 6216.09 for Shandong, \$ 7109.02 for Guangdong, \$ 2944.02 for Guangxi and \$ 2362.76 for Yunnan Province. Among these provinces, the cocoon output of Jiangsu, Zhejiang and Shandong all showed a decrease trend, esp. the cocoon output of Zhejiang that once took the 1<sup>st</sup> place with 20.48% of the total in 2001 nationwide and dropped to the 4<sup>th</sup> place in 2010 and the cocoon output only covered 9.25% of the total national output; while the cocoon output of Shandong Province dropped very fast too: it dropped from the 4<sup>th</sup> place in 2001 covered 8.73% of the total to the 8<sup>th</sup> place covered 3.57% of the total national output nationwide; while the major sericulture production areas including Jiangsu, Guangdong also shifted to the relatively backward North Jiangsu, North and West Guangdong from South Jiangsu and the Pearl River delta areas that have developed economy.

### **Tropical-subtropical areas are developing rapidly:**

In recent years, the sericulture production has been developed rapidly at the junction areas of the southern tropical and subtropical areas where including Guangxi, Yunnan, North and West Guangdong and Panxi areas of Sichuan (Fig-6). At present, the cocoon output of these areas has been increased from 83,700 ton with 16.33% of the total cocoon production in 2001 to 316,485 ton with 51.35% of the total cocoon production in 2010.

Owing to the warm climate, good optothermal conditions, long mulberry tree growth period, high yield of mulberry leaves and long silkworm raising period (from April to November) in these areas, the unit area cocoon output is high and the utilization frequency of cocoon montages, cocoon dryers and storages is high.

### **Jiangsu and Zhejiang are still the most major producers of high quality cocoon and silk in the world:**

The sericulture production had some drop in Jiangsu and Zhejiang, but they were still the major production areas for excellent cocoon and silk in the world due to their advantages in the suitable natural climate, good cocoon production bases, profound silk culture, powerful sericultural extension, education and R&D system, advanced silk processing and modernized management level etc. together with the convenient transportation conditions. Their cocoon output covered the 2<sup>nd</sup>, the 4<sup>th</sup> places respectively nationwide. In Jiangsu and Zhejiang, there was 131,933.33 ha the mulberry fields and the mulberry cocoon output was about 134,400 ton, occupied 21.81% of the total China in 2010. The cocoon output per box was 43.25kg, increasing 10.61% than the national average level. The output of over Grade 5A of raw silk produced in Jiangsu and Zhejiang covered over 80% nationwide. Meanwhile, the two provinces are #1 and #2 silk exporters in China. The silk export earnings of foreign exchanges in 2010 was US 1.801

billion dollar, covering 55.28% of the national total export amount US 3.258 billion dollar, of which the export amount of Zhejiang Province was US 1.317 billion dollar, covering 40.43%, and that of Jiangsu was US 484 million dollars, covering 14.85% of the national total export amount.

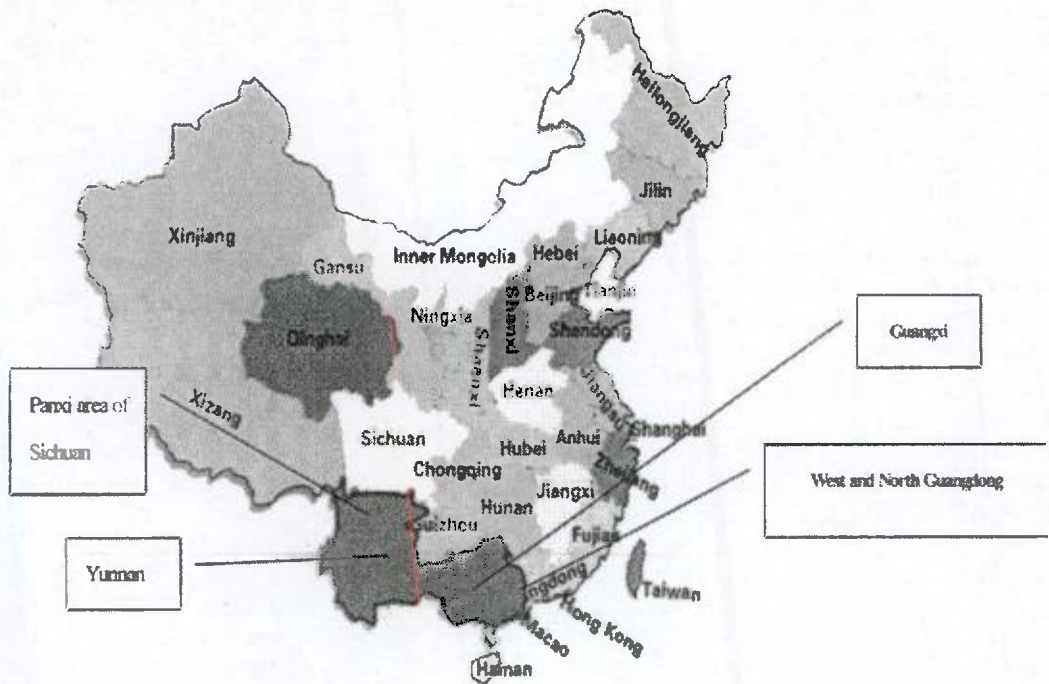


Fig. 6. Cocoon output occupied 51.35% of the total in tropical-subtropical regions in China.

*Fig 6. La production de cocons représente 51,35 % du total dans les régions tropicales et subtropicales de la Chine.*

#### Sericulture for multi products:

For thousand years, China's sericulture production has mainly undergone according to the mode as "to plant mulberry trees is for raising silkworms, to raise silkworms is for producing cocoon which is for reeling silk and then for silk and satin". But with the constant development of social economy and the rapid development of production technology of other crops, the single production mode for the purpose of cocoon and silk has not meet the demands of the social development. Therefore, it is a direction for the future development of China's sericulture to conduct efficient and comprehensive utility of sericulture sources, promote diversified development of sericulture, increase the added value for sericulture products, increase the economic yield of unit land area and increase the income for silkworm raisers.

The so-called sericulture for multi products is, besides for making use of mulberry leaves to produce cocoon, to develop the function of the main sericulture resources including mulberry branches, mulberry fruit, silkworm excrement and silkworm moth etc., or to increase the sericulture production efficiency. Presently, the products that have been developed through comprehensive utility are as follows:

Mulberry leaves: mulberry tea, mulberry leaf powder for livestock feed additives, ensilage.

Mulberry branches: edible mushrooms by using of mulberry branches, floor board produced from mulberry branches.

Mulberry fruit: mulberry fruit juice, mulberry fruit wine, mulberry fruit vinegar, mulberry fruit jam, anthocyanin.

Silkworm excrement: sodium copper chlorophyllin, silkworm excrement pillow, fertilizer

Silkworm pupae: edible silkworm pupae (dominated by Chinese oak silkworm), silkworm pupae for livestock feed additives, silkworm pupa oil.

#### **The eco-sericulture is developing fast:**

With deep roots and luxuriant leaves, mulberry trees have more powerful ability to adapt to environment, are distributed in all provinces and have the function to reserve water and soil and afforest environment. In the southern China, the "mulberry - fish pond" mode for sericulture production as mulberry leaves → silkworm raising → fish-farming with silkworm excrement → fish pond sludge as the mulberry fertilizer is an excellent production mode of ecological balance recommended by FAO. In the northern China, the environmental problems such as blown sand, water loss and soil erosion etc. have become more and more obvious day by day, the state has invested abundant fund to return farmland to forests and grassland, but the survival rates of many tree, grass species are very low or their economic efficiency is undermined, while mulberry trees do not only have the function to reserve water and soil, prevent wind and sand, but also have higher economic efficiency due to silkworm rearing or other multi production. In recent years, great efforts have been made in the north, northwest of China to develop ecological mulberry fields - with mulberry trees as the species for returning farmland to forests, and the new type "eco-sericulture" industry to prevents sand, consolidates soil, and increases income for farmers has been created as a result.

#### **The interplanting increases the yield of unit area land:**

In the western areas including Sichuan, Shaanxi etc., in order to make full use of the land and optothermal resources, increase the economic efficiency of unit area of land and boost the integration, scale, standardization and industrialization of sericulture production, the "wide and narrow row" mode technology for mulberry tree planting that is suitable for the local conditions has been developed. The so-called "wide and narrow row" planting mode refers to the planting mode to have zigzag alternative planting for which the wide row is 2m, the narrow row is 0.67m and the tree spacing is 0.5m; grain crops, economic crops are interplanted in wide rows, mulberry trees are planted in narrow rows in the capacity of about 15,000 trees per hectare. As for the interplanting in mulberry fields, it is recommended to select low stem and economic crops, the recommended plants for interplant are soybean, peanut and pasture in spring and summer and potato, pea, lima bean and vegetables in autumn and winter. In a whole year, the income from cocoon is \$8863.28/ha and that from interplanted crops is \$2215.82-\$3323.73/ha, as a result, the economic efficiency per hectare can reach over \$11079.10-\$12187.01 which is significant for promoting the agriculture development and increasing farmers' income in the western regions of China.

## LA SERICICULTURE MURIER EN CHINE PENDANT LE ONZIEME PLAN QUINQUENNAL (2006 – 2010)

REN YONGLI<sup>1</sup>, DOU YONGQUN<sup>1</sup>, ZHANG JIAN<sup>2</sup> & LI LONG<sup>2\*</sup>

1. Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, Jiangsu, China.

2. Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, Jiangsu, China.

### PRODUCTION SERICICOLE PENDANT LE ONZIEME PLAN QUINQUENNAL

Pendant la période du « onzième plan quinquennal » (2006 -2010), la production de cocons cumulée a été d'environ 3,3713 millions de tonnes, les œufs de ver à soie distribués aux fermiers se sont élevés à 89,7036 millions de boîtes et cela a représenté une augmentation de respectivement 26,11 % et 12,61 % par rapport à la période du dixième plan quinquennal. La production de cocons mûrier, la surface de muraies et la quantité d'œufs distribués ont atteint 782 098 tonnes, 922 620 ha et 21,6318 millions de boîtes en 2007, ce qui a été un des records les plus élevés pendant la période du onzième plan quinquennal.

La sériciculture de la Chine en termes de surface de muraies, de quantité d'œufs de vers à soie distribués et de production de cocons (2001-2010) est présentée dans le Tableau I.

#### Surface de muraies :

Selon les données du Tableau I, la surface annuelle de mûriers en Chine a été respectivement de 855 680 ha, 922 620 ha, 878 900 ha, 780 533 ha et 807 053 ha de 2006 à 2010 en augmentant (ou en baissant) respectivement de 10,60 %, de 7,82 %, de - 4,74 %, - 11,13 % et de 3,40 % par rapport à l'année précédente.

#### Œufs de ver à soie :

De 2006 à 2010, la production annuelle d'œufs de vers à soie en Chine s'est élevée à 20,0681 millions de boîtes, 21,6318 millions de boîtes, 17,8637 millions de boîtes, 14,38 millions de boîtes et 15,76 millions de boîte, soit une augmentation (ou une baisse) de respectivement 17,65 %, 7,79 %, - 17,42 %, - 19,50 % et 9,60 % par rapport à l'année précédente.

#### Production de cocons :

De 2006 à 2010, la production annuelle de cocons en Chine s'est élevée à 739 715,34 tonnes, 782 098,21 tonnes, 677 648 tonnes, 555 559 tonnes et 616 289,3 tonnes, avec une

\* Auteur auquel adresser la correspondance : Email : [seri68@hotmail.com](mailto:seri68@hotmail.com)

augmentation (ou une baisse) respectivement de 20,06 %, 5,73 % ; - 13,36 %, - 18,02 % et 10,93 % par rapport à l'année précédente.

#### **Productivité par boîte d'œufs :**

D'après l'analyse des données statistiques, on constate que la production de cocons par boîte d'œufs est passée progressivement de 36,12 kg / boîte en 2005 (dernière année du 10<sup>ème</sup> Plan Quinquennal) à 39,10 kg / boîte en 2010 (dernière année du 11<sup>ème</sup> Plan Quinquennal), soit une augmentation de 8,26 %. L'augmentation la plus importante a été enregistrée dans les Provinces de Jiangsu et de Zhejiang, où la production par boîte d'œufs était de 44 Kg de cocons verts en 2010.

### **ANALYSE DE LA MOYENNE MOUVANTE**

Pour comprendre la tendance de développement de la sériciculture, nous avons introduit la méthode de la moyenne mouvante (MAM) pour analyser la fluctuation des surfaces de muraies et de la production d'œufs et de cocons. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de tendance significative de croissance ou de déclin rapides. Les tendances sont présentées dans les figs. 1 à 3.

### **LES DIX PREMIERES PROVINCES SERICICOLES**

Afin de comprendre le développement séricicole de la Chine, nous avons listé les dix premières provinces séricicoles d'après les données pour la production de cocons verts en 2001 (la première année de la période du dixième plan quinquennal) et en 2010 (la dernière année de la période du « onzième plan quinquennal »).

#### **Dix premières provinces en 2001 :**

D'après le Tableau II, nous pouvons constater que les dix premières provinces séricicoles sont Zhejiang, Jiangsu, Sichuan, Shandong, Guangxi, Chongqing, Anhui, Guangdong, Shanxi et Hubei dans l'ordre et leur production totale de cocons est d'environ 479 422 tonnes, représentant 93,51 % de la production nationale totale.

Parmi elles, la production de cocons de la province de Zhejiang s'élève à 105 000 tonnes, représentant 20,48 % de la production totale nationale, la production de cocons de la province de Jiangsu est de 99 560 tonnes, soit 19,42 % de la production totale nationale ; la production de cocons de la province de Sichuan est de 79 703 tonnes, représentant 15,55 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province de Shandong est de 44 748 tonnes, soit 8,73 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province de Guangxi est de 38 400 tonnes, représentant 7,49 % de la production totale nationale, la production de cocons de Chongqing City est de 31 088 tonnes, représentant 6,06 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province d'Anhui est 28 400 tonnes soit 5,54 % de la production nationale totale, la production de la province de Guangdong est de 22 500 tonnes, représentant 4,39 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province de Shanxi est de 16 523 tonnes, représentant 3,22 % de la production nationale totale et la production de cocons de la province de Hubei est de 13 500 tonnes, représentant 2,63 % de la production nationale totale (Fig. 4).

### **Dix premières provinces en 2010 :**

Elles ont été Guangxi, Jiangsu, Sichuan, Zhejiang, Yunnan, Guangdong, Anhi, Shandong, Shanxi et Chongqing dans l'ordre et leur production totale de cocons est d'environ 580 499 tonnes, représentant 94,19 % de la production nationale totale.

Parmi elles, la production de cocons de la province de Guangxi est de 214 000 tonnes, représentant 34,72 % de la production totale nationale, la production de cocons de la province de Jiangsu est de 77 399 tonnes, représentant 12,56 % de la production nationale totale ; la production de cocons de la province du Sichuan est de 71 000 tonnes, représentant 11,52 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province de Zhejiang est de 57 000 tonnes, représentant 9,25 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province du Yunnan s'est élevée à 40 000 tonnes, représentant 6,49 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province de Guangdong s'est élevée à 39,300 tonnes, qui représente 6,38 % de la production nationale totale ; la production de cocons de la province d'Anhui est de 25 000 tonnes, représentant 4,06 % de la production nationale totale, la production de cocons de la province de Shandong est de 22 000 tonnes, représentant 3,57 % de la production nationale totale ; la production de cocons de la province de Shanxi est de 17 600 tonnes, représentant 2,86 % de la production nationale totale et la production de cocons de Chongqing City est de 17 200 tonnes, représentant 2,79 % de la production nationale totale (Fig. 4).

### **Changements de position au cours de ces dix années :**

#### **Provinces en augmentation :**

Les trois provinces de Guangxi, du Yunnan et de Guangdong ont vu leur production augmenter de manière absolue et leur classement s'élever de la 5<sup>ème</sup>, 11<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> position à la 1<sup>ère</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> place. En particulier la production de cocons de Guangxi en 2010 a augmenté de 175 600 tonnes par rapport à 2001, soit 457,29 % d'augmentation, la plus grosse augmentation et le ratio de la production par rapport à la production nationale totale est passé de 7,49 % à 34,72 % en 2010.

#### **Provinces sans changement :**

Les classements des quatre provinces de Jiangsu, Sichuan, Anhui et Shanxi n'ont pas changé, seule la production absolue de cocons de Shanxi a augmenté dans une certaine mesure, tandis que celle de Jiangsu, du Sichuan et d'Anhui a baissé respectivement de 22 161 tonnes, 8 703 tonnes et 3 400 tonnes.

#### **Provinces en baisse :**

Les trois provinces de Zhejiang, Shandong et Chongqing ont vu leur classement baisser à la 4<sup>ème</sup>, 8<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> position en 2010 par rapport à respectivement la 1<sup>ère</sup>, 4<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> position en 2001, leur production de cocons a baissé respectivement de 48 000 tonnes, 22 748 tonnes et 13 888 tonnes, l'ampleur de la baisse a été importante et leur ratio de production par rapport à la production nationale totale a baissé respectivement de 11,23 %, 5,16 % et 3,5 %, tandis que la province de Hubei ne fait plus partie des dix premières provinces.

## **CATEGORIES DE ZONES SERICICOLES**

Afin de mieux étudier le profil de distribution des régions sérícicoles en Chine, on a divisé les 18 provinces en quatre catégories d'après le ratio de la production de cocons de chaque zone

par rapport à la production nationale totale en 2010 et ce sont en l'occurrence les zones de production principales, les zones de production d'importance secondaire, les zones mineures et les zones de production éparpillées (Fig. 5).

La situation spécifique de chaque zone est la suivante :

#### **Principales zones de production :**

Les principales zones de production se réfèrent aux provinces dont la production de cocons annuelle représente au moins 10 % de la production nationale, en prenant la province comme unité. Ces zones comprennent Guangxi, Jiangsu et Sichuan et leur production totale de cocons en 2010 était de 362 400 tonnes, ce qui représentait 58,80 % de la production nationale (Tableau III).

#### **Zones d'importance secondaire :**

Les zones d'importance secondaires se réfèrent aux provinces dont la production annuelle de cocons représente entre 5 à 10 % de la production nationale, en prenant la province comme unité. Ces zones comprennent Zhejiang, le Yunnan et Guangdong et leur production totale de cocons en 2010 s'est élevée à 136 300 tonnes, ce qui représente 22,12 % de la production nationale.

#### **Zones mineures :**

Les zones mineures se réfèrent aux provinces dont la production annuelle de cocons représente 2 à 5 % de la production nationale, en prenant la province comme unité. Ces zones comprennent Anhui, Shanxi, Shandong et Chongqing et leur production totale de cocons en 2010 s'est élevée à 81 800 tonnes, représentant 13,27 % de la production nationale.

#### **Zones éparpillées :**

Les zones de production éparpillées se réfèrent aux provinces dont la production de cocons annuelle se situe en dessous de 2 % de la production nationale, en prenant la province comme unité. Ces zones comprennent Hubei, Henan, Jiangxi, Shanxi, Hunan, Guizhou, Xinjiang et Gansu etc... et leur production totale de cocons en 2010 s'est élevée à 38 500 tonnes, ce qui représente 5,81 % de la production nationale.

### **TENDANCES CONCERNANT LE DEVELOPPEMENT SERICICOLE EN CHINE**

#### **Déplacement des zones développées vers les zones en développement :**

Avec le développement économique rapide des provinces de l'est, telles que Zhejiang, Jiangsu et Shandong, le processus d'industrialisation et d'urbanisation dans la zone de l'est s'est accéléré, le coût de la terre et de la main d'œuvre n'a cessé d'augmenter, tandis que la production séricicole traditionnelle a baissé d'année en année. Mais, les zones non développées en Chine sont relativement arriérées en termes de développement social et économique et possèdent des ressources en terres et en main d'œuvre plus abondantes, elles présentent donc les conditions naturelles et les bases sociales pour le développement de la sériciculture. C'est pourquoi la production de cocons se déplace des zones développées aux zones non développées. Selon les statistiques, le PNB par habitant en 2010 est de 7924,26 \$ pour la province de Jiangsu, 7911,56\$ pour la province de Zhejiang, 6216,09 \$ pour Shandong, 7109,02 \$ pour la province de Guangdong, 2944,02 pour Guangxi et 2362,76 \$ pour la

province du Yunnan. Parmi ces provinces, la production de cocons de Jiangsu, Zhejiang, et Shandong présente une tendance à la baisse dans les trois provinces, surtout la production de cocons de Zhejiang, qui autrefois était à la 1<sup>ère</sup> place avec 20,48 % de la production totale en 2001 et a chuté à la 4<sup>ème</sup> place en 2010 et la production de cocons ne représentait plus que 9,25 % de la production nationale totale ; tandis que la production de cocons de la province de Shandong a chuté très rapidement aussi : elle a chuté de la 4<sup>ème</sup> place en 2001, qui représentait 8,73 % de la production totale à la 8<sup>ème</sup> place, représentant 3,57 % de la production nationale totale; tandis que les zones de production séricicoles majeures incluant Jiangsu, Guangdong se sont aussi déplacées des zones du sud de Jiangsu et du delta de la rivière Pearl qui ont une économie développée vers les zones relativement arriérées du nord de Jiangsu, du nord et l'ouest de Guangdong.

### **Les zones tropicales – subtropicales se développent rapidement :**

Récemment, la production séricicole s'est développée rapidement dans les zones de jonction avec les zones du sud tropical et subtropical, qui comprennent les zones de Guangxi, le Yunnan, le nord et l'ouest de Guangdong et de Panxi dans le Sichuan (Fig. 6). A présent, la production de cocons de ces zones est passée de 83 700 tonnes, représentant 16,33 % de la production totale de cocons en 2001 à 316 485 tonnes, soit 51,53 % de la production totale de cocons en 2010.

Grâce au climat chaud, aux bonnes conditions optothermiques, à la longue période de croissance des mûriers, au rendement élevé en feuilles de mûrier et à la longue période d'élevage du ver à soie (avril à novembre) dans ces zones, la production de cocons par unité de surface est élevée et la fréquence d'utilisation d'encabanes à cocons, de séchoirs à cocons et de stockage est élevée.

### **Jiangsu et Zhejiang sont toujours les principaux producteurs de cocons et de soie de qualité élevée dans le monde :**

La production séricicole a quelque peu baissé à Jiangsu et Zhejiang, mais elles sont toujours les zones principales de production de cocons et de soie d'excellente qualité dans le monde, en raison de leurs avantages, tels qu'un climat naturel adapté, de bonnes bases pour la production de cocons, une culture soie approfondie, une vulgarisation, une éducation et un système de R & D séricicoles puissants, une transformation de la soie de pointe et un niveau de gestion modernisé, ainsi que des conditions de transport adaptées. Leur production de cocons a occupé respectivement la 2<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> place nationale, la production de cocons mûrier est d'environ 134 000 tonnes, soit 21,81 % de la totalité en Chine en 2010. La production de cocons par boîte est de 43,25 kg, soit une augmentation de plus de 10,61 % par rapport au niveau national moyen. La production de soie grège au-dessus du grade 5A produite à Jiangsu et Zhejiang représente 80 % de la production nationale. Les deux provinces sont les deux exportateurs no. 1 et 2 en Chine. Les gains de devises étrangères grâce aux exportations de soie en 2010 ont représenté 1,801 milliards de dollars, représentant 55,28 % du montant total national des exportations de 3,258 milliards de dollars US, parmi lesquels le montant exporté par la province de Zhejiang est de 1,317 milliards de dollars US, représentant 40,43 % et celui de Jiangsu est de 484 millions de dollars, représentant 14,85 % du montant national total exporté.

### **Sériciculture et multiproduits :**

Pendant des milliers d'années, la production séricicole chinoise s'est principalement inspiré d'un modèle « qui constituait à planter des mûriers pour élever des vers à soie, à élever des vers à soie pour produire des cocons pour dévider la soie et pour la soie et le satin ». Mais avec le développement constant de l'économie sociale et le développement rapide des technologies de

production d'autres cultures, le mode de production unique de cocons et de soie n'a pas répondu à la demande de développement social. Pour l'avenir du développement de la sériciculture chinoise, il faut évaluer l'utilité des ressources séricicoles de manière efficace et globale, promouvoir un développement diversifié de la sériciculture, augmenter la valeur ajoutée des produits séricicoles, augmenter le rendement économique d'une surface unitaire de terrain et augmenter les revenus des éleveurs de ver à soie.

La sériciculture pour les multiproduits, consiste en plus de l'utilisation des feuilles de mûrier pour la production de cocons, à trouver des fonctions aux principales ressources séricicoles dont les branches et les fruits de mûrier, les excréments de ver à soie et les papillons du ver à soie ou à augmenter l'efficacité de la production séricicole. Actuellement, les produits qui ont globalement été mis au point sont les suivants :

|                            |                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Feuilles de mûrier :       | Thé de mûrier, poudre de feuilles de mûrier pour les additifs alimentaires du bétail, ensilage.                                                                                               |
| Branches de mûrier :       | Champignons comestibles en utilisant les branches de mûrier, plancher à partir de bois de mûrier.                                                                                             |
| Fruits du mûrier :         | Jus de fruit du mûrier, vin de fruit du mûrier, vinaigre de fruit du mûrier, confiture du fruit du mûrier, anthocyanine.                                                                      |
| Excréments de ver à soie : | Chlorophylline de sodium de cuivre, oreillers remplis d'excréments de ver à soie, engrais                                                                                                     |
| Nymphes de ver à soie :    | Chrysalides de ver à soie comestibles (dominés par les vers à soie du chêne chinois), chrysalides de ver à soie pour les additifs alimentaires du bétail, huile de chrysalides du ver à soie. |

#### **L'eco-sériciculture se développe rapidement :**

Avec leurs racines profondes et leurs feuilles luxuriantes, les mûriers sont plus capables de s'adapter à l'environnement, ils sont distribués dans toutes les provinces et servent de réserves en eau et en sol et permettent de reboiser. Dans le sud de la Chine, le mode de production séricicole « mûrier – pisciculture » feuilles de mûrier → Elevage de vers à soie → Pisciculture avec des excréments de vers à soie → Boue de pisciculture en tant qu'engrais de mûrier est un excellent mode de production pour l'équilibre écologique, recommandé par la FAO. Dans le nord de la Chine, les problèmes environnementaux tels que les dépôts de sable, les pertes d'eau et l'érosion du sol sont devenus de plus en plus flagrants de jour en jour, l'Etat a investi des fonds importants pour que les terres agricoles redeviennent des forêts et des pâturages, mais les taux de survie de nombreuses espèces d'arbres et d'herbes sont très faibles ou leur efficacité économique est compromise, tandis que les mûriers servent non seulement de réserve d'eau et de sol, freinent le vent et le sable, mais sont aussi plus rentables grâce à l'élevage du ver à soie ou à d'autres multi-productions. Récemment, de grands efforts ont été réalisés dans le nord, le nord-ouest de la Chine pour mettre au point des muraies écologiques, en utilisant le mûrier comme l'espèce pour que les terres agricoles redeviennent des forêts et on a donc créé un

nouveau type d'industrie eco-sericicole pour freiner le sable, consolider le sol et augmenter les revenus des fermiers.

**Les plantations intercalaires augmentent le rendement par unité de surface de terrain :**

Dans les zones de l'ouest comprenant le Sichuan, Shaanxi etc.. pour utiliser complètement les ressources en terre et optothermiques, augmenter l'efficacité économique d'une unité de surface de terrain et augmenter l'intégration, l'échelle, la standardisation et l'industrialisation de la production sericicole, on a mis au point une technologie de plantation des mûriers « en rangées larges et étroites », qui est adaptée aux conditions locales. Le mode de plantation en rangées larges et étroites se réfère au mode de plantation alternatif à la plantation en zigzag, où la rangée large fait 2 m, la rangée étroite 0,67 m et l'espace pour l'arbre fait 0,5 m ; on plante dans les rangées larges des cultures céréalières et des cultures économiques et on plante les mûriers dans les rangées étroites, avec une capacité d'environ 15 000 arbres par hectare. En ce qui concerne les plantations intercalaires dans les muraies, on recommande de sélectionner des cultures à tiges basses et des cultures économiques, les plantes recommandées pour les plantations intercalaires sont le soja, l'arachide, et les pâturages au printemps et en été et la pomme de terre, le pois, la fève de Lima et les légumes en automne et en hiver. Sur une année, les revenus provenant des cocons s'élèvent à 8 863,28 \$ / ha et ceux provenant des cultures intercalaires entre 2 215,82 à 3 323,73 \$ / ha, par conséquent l'efficacité économique par hectare peut atteindre entre 11 079,10 et 12 187,01 \$, ce qui est significatif pour promouvoir le développement agricole et l'augmentation des revenus des fermiers dans les zones de l'ouest de la Chine.

## STUDIES ON HYPERVITAMINOSIS AND EARLY LARVAL MATURATION IN THE SILKWORM *BOMBYX MORI* L INDUCED BY VITAMIN C TREATMENT

AABID KHALIQ TANTRAY\*, KANIKA TRIVEDI AND S. NIRMAL KUMAR

Silkworm Physiology Laboratory, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-570008, Karnataka, India. Tel. +91- 821-2362571; Fax: +91-821-2363757;

Vitamin C (VC) is one of the most indispensable nutrients required by silkworm for normal growth and development. Effects of dietary supplemental VC in wide range of doses on economic traits of the silkworm, *Bombyx mori* (CSR2 × CSR4) were investigated. Fourteen aqueous VC doses viz., 0.125, 0.25, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.500, 5.00, 10.00 and 15.0% were sprayed onto mulberry leaves (*V<sub>1</sub>* variety) and orally fed to 5<sup>th</sup> instar larvae of *B. mori* daily once from zero hour to the onset of spinning. VC in the mulberry leaves was quantified before and after supplementation. Each larva in the control batch consumed 11.303mg VC through mulberry leaf throughout the 5<sup>th</sup> instar. Treatment of VC doses, 0.50% to 3.00%, which correspond to the supplementary dosage of 17.804 to 105.878 mg/larva over the control, improved all the economic traits significantly and the treated larvae matured at par with the control. Higher doses of VC, 5.00 to 15.0%, which correspond to the extra dosage of 176.337 to 528.631 mg/larva during 5<sup>th</sup> instar over the control (11.303mg/larva), brought out significant reduction in economic traits (3.00-13.79%) and the larvae matured 6 to 12 hours earlier as compared to the control. Negative impact on economic traits and larval maturation at higher doses was attributed to hypervitaminosis and involvement of the vitamin C in conversion of cholesterol into ecdysone.

**Keywords:** Vitamin C, hypervitaminosis, early larval maturation, *Bombyx mori*.

### INTRODUCTION

Vitamin C belongs to a group of water soluble vitamins required in very small amount to promote a wide variety of biochemical and physiological processes necessary for life. It is principally a water-soluble anti-oxidant known by the chemical name of its principal form L-ascorbic acid or simply ascorbic acid (abbreviated as VC here). Owing to its immense role in the life of both plants and animals it has been lauded by many nutritional buffs as “master nutrient” or “miracle molecule” (Kaur and Kapoor, 2001). It is indeed an essential nutrient for the growth and development of phytophagous insects (Navon, 1978; Chapman, 1998 and Cohen, 2004) and its omission in the diet of mulberry silkworm, *Bombyx mori* affects general

\* To whom correspondence should be addressed.

E-mail: [aabsimda@yahoo.co.in](mailto:aabsimda@yahoo.co.in), [aabsimda@gmail.com](mailto:aabsimda@gmail.com)

physiology, metabolism, larval growth and cocoon production (Ito, 1961, 1978 ; Cappellozza *et al.*, 2005), impairment in ecdysis and mouthparts (Ito, 1961). VC beyond a certain concentration decreases growth and survival rate (Cui *et al.*, 2003) possibly due to hypervitaminosis. Further, involvement of VC in the hydroxylation process wherein cholesterol is converted into molting hormone (ecdysone) is established (Rockstein, 1978). The present paper puts forth the hypervitaminosis and early larval maturation induced by oral treatment of VC to the silkworm, *Bombyx mori*.

## MATERIALS AND METHODS

### a) Quantification of vitamin C in mulberry leaves:

In order to assess the amount of VC present in mulberry leaves ( $V_1$  variety) before and after supplementation, the latter were subjected to solvent extraction (AOAC, 1995) followed by quantification of VC as followed by Raghuramulu *et al.*, 2003 with some modifications. Mulberry leaves, dried in hot air oven below 40°C, were ground to fine powder. Non-polar fractions were removed by centrifugation at 8000rpm with chloroform and ether (1:3 w/v) in succession. Dried de-etherized leaf samples were stirred with 3% m-Phosphoric acid (MPA)–8% Acetic acid (AA) solution in the ratio of 1:5 (w/v) for 30 min followed by two centrifugations (8000 rpm) in succession. The resultant supernatants were pooled and pursued for quantification. A series of dilutions of the supernatant, made up to 1 ml with 5% TCA, were added with 1 ml of DNPH reagent and boiled for 8-10 minutes. Optical density (O.D) was taken at 540nm after addition of 8 ml of 65%  $H_2SO_4$ . Synthetic vitamin C in a series of dilutions was kept as standard.

Amount of VC in an unknown sample was calculated as:

$$\text{O.D of sample} \times (\text{amount of standard VC per unit O.D})$$

### b) Treatments:

In the present study the 5<sup>th</sup> instar larvae were fed with  $V_1$  mulberry tender leaves in first day followed by medium leaves in next two days and coarse leaves in the last three days up to the onset of spinning activity. Synthetic VC was procured from Himedia Laboratories Pvt. Ltd., India. A broad range of 14 doses *viz.*, 0.125, 0.25, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.500, 5.00, 10.00 and 15.0% were prepared in distilled water. Freshly ecdysed 5<sup>th</sup> instar larvae of a bivoltine silkworm hybrid, CSR2 x CSR4 were divided into 15 groups including control with each group consisting of 3 replications of 250 larvae. The control groups were maintained alongside. The test doses were sprayed to mulberry leaves at 60 ml/ 200g leaf for 100 larvae. The sprayed leaves were kept under shade for 15 minutes to evaporate the excess moisture and fed *ad libitum* to 5<sup>th</sup> instar larvae daily once from 0 hour (0h) to the onset of spinning. Treatments were given with night feeding to ensure the proper ingestion of treated leaves.

### c) Ingesta calculation:

Known weight of the leaves treated with VC (taken as sample) was dried in hot air oven to calculate the moisture percentage and ratio of fresh leaf to dry leaf. Actual dose ingested was calculated by counting the number of treated larvae in each tray, removing excreta, drying the left over leaves in hot air oven at 70 °C for 24h. Ingested dose was then calculated according to the weight of leaves the larvae had consumed. Same procedure was followed for each treatment.

**d) Data collection:**

Larval weight was taken on maximum growth on 6th day of the 5th instar. On the onset of spinning activity progressive maturation was calculated by picking the fully matured larvae after a period of every six hours and transferring them to a plastic collapsible mountages until the 100% larval maturation. Data were recorded for larval weight, larval maturation, pupation rate, cocoon weight, cocoon shell weight and cocoon shell %. The experiment was repeated thrice and the data statistically analyzed by ANOVA through Statistical Package for Social Science, SPSS 7.5 for Windows (Berkowitz and Allaway, 1998) to find out the significance.

**RESULTS AND DISCUSSION**

Data on the ingesta of VC before supplementation is presented in table I and the effect of supplementation of a wide range of VC doses on larval maturation period and economic traits of bivoltine silkworm hybrid, CSR2 × CSR4 is summarized in table II. Fig. 1 and table III plot the impact of VC doses on larval maturation.

A gradual increase from 0.691 to 2.277 mg/larva/feed in the ingesta of VC was observed in the V<sub>1</sub> mulberry leaves (different maturity level) without supplementation (control) until the 5<sup>th</sup> day of 5<sup>th</sup> instar which further decreased on the final day (0.938mg/larva/feed) thereby consuming total of 11.303mg VC per larva during 5<sup>th</sup> instar (Table I).

**Table I. Day wise VC ingesta of 5<sup>th</sup> instar larvae (CSR2 × CSR4) fed on fresh mulberry leaves (V<sub>1</sub> variety).**

*Tableau I. Ingesta de VC quotidiens des larves du 5<sup>ème</sup> âge (CSR2 × CSR4) nourries sur des feuilles de mûrier fraîches (variété V1).*

| 5 <sup>th</sup> instar larval age<br>(days) | Weight of fresh<br>leaves ingested<br>g / larva       | VC ingested<br>mg/larva   |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------|
| 5 <sup>ème</sup> âge<br>larvaire<br>(jours) | Poids des feuilles<br>fraîches ingérées<br>(g /larve) | VC ingérées<br>mg / larve |
| 0                                           | 0.457 ± 0.001                                         | 0.691 ± 0.005             |
| 1                                           | 0.750 ± 0.004                                         | 1.166 ± 0.008             |
| 2                                           | 1.133 ± 0.001                                         | 1.762 ± 0.007             |
| 3                                           | 1.431 ± 0.003                                         | 2.037 ± 0.008             |
| 4                                           | 1.563 ± 0.001                                         | 2.431 ± 0.004             |
| 5                                           | 1.456 ± 0.002                                         | 2.277 ± 0.007             |
| 6                                           | 0.600 ± 0.004                                         | 0.938 ± 0.005             |
| <b>Total</b>                                | <b>7.390 ± 0.003</b>                                  | <b>11.303 ± 0.006</b>     |
| <b>SE±</b>                                  | <b>0.011</b>                                          | <b>0.016</b>              |
| <b>CD 5%</b>                                | <b>0.013</b>                                          | <b>0.018</b>              |

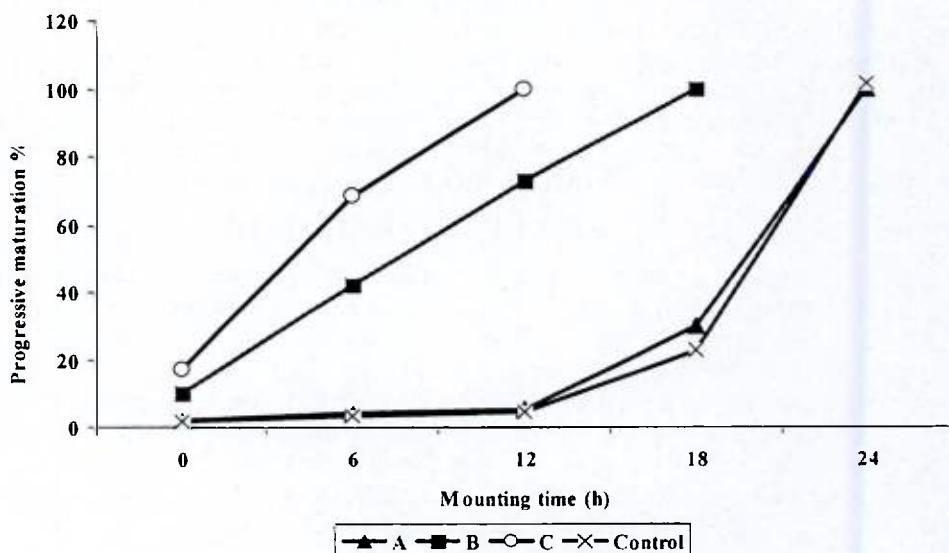


Fig. 1. Effect of supplemental synthetic VC on larval maturation of CSR2 × CSR4 hybrid (VC doses, A : VC from 0.125-4.50%, B : 5 & 10.0% and C: 15.0%).

Fig. 1. Effet de VC synthétique supplémentaire sur la maturation larvaire de l'hybride CSR2 × CSR4 (doses VC, A : VC de 0,125 à 4,50 %, B : 5 & 10 % et 10,0% et C : 15 %).

As evident from Table II, dietary VC had no negative impact on economic traits when supplemented in lower doses from 0.125 to 4.50%, which correspond to the actual extra dosage of 4.593 to 158.722 mg/larva throughout the 5<sup>th</sup> instar over the control (11.303mg/larva). Whereas, supplemental VC in higher doses from 5.0 to 15.0%, corresponding to the extra dosage of 176.337 to 528.631 mg/larva throughout the 5<sup>th</sup> instar, induced prominent symptoms of hypervitaminosis with respect to significant reduction in pupation rate (5.47-13.79%), larval weight (4.09-5.12%), cocoon weight (1.81-5.14%) and cocoon shell weight (3.00-5.14%). Perusal with the table II, III and Fig. 1 reveal that the higher VC doses (5.00 to 15.0%) had also an important influence on the larval maturation. Larval groups treated with 5.00 & 10.0% VC doses matured within eighteen hours (6 hours early) and those treated with 15.0% VC dose matured within twelve hours (12 hours early) compared to the control groups where 100% larval maturation took place within 24 hours. Vitamin C doses from 0.50% to 3.00% (corresponding to the extra dosage of 17.804 to 105.878 mg/larva) improved almost all the economic traits significantly and the treated larvae matured at parity with the control groups.

It is amply clear from the present study that silkworm can tolerate the VC dosage up to a certain limit (158.722 mg/larva) and once that limit is exceeded negative effects on its economic traits get manifested. Beyond the 4.5% synthetic VC dosage there was a huge negative effect on mortality, larval maturation and economic traits.

Table II. Effect of vitamin C on larval maturation and economic traits of bivoltine silkworm hybrid, CSR2 × CSR4.

Tableau II. Effet de la vitamine C sur la maturité larvaire et les caractères économiques de l'hybride bivoltin du ver à soie CSR2 × CSR4.

| Treatment (%)    | Supplemental VC (mg/ larva) ingested during 5 <sup>th</sup> instar     | Larval weight (g)      | Mounting duration (h)  | Pupation rate (%)     | Cocoon weight (g)     | Shell weight (g)      | Shell %              |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Traitement       | VC supplémentaire ingérée (mg / larve) pendant le 5 <sup>ème</sup> âge | Poids larvaire (g)     | Durée de la montée (h) | Taux de nymphose (%)  | Poids du cocon (g)    | Poids de la coque (g) | Richesse soyeuse (%) |
| 0.125            | 4.593                                                                  | 45.974 ± 0.010         | 24 ± 0.45              | 88.82 ± 0.007         | 1.875 ± 0.013         | 0.423 ± 0.010         | 22.56 ± 0.004        |
| 0.25             | 8.997                                                                  | 45.33 ± 0.011          | 24 ± 0.56              | 88.48 ± 0.004         | 1.889 ± 0.016         | 0.425 ± 0.003         | 22.50 ± 0.010        |
| 0.50             | 17.804                                                                 | 53.586 ± 0.009*        | 24 ± 0.45              | 97.02 ± 0.005*        | 2.199 ± 0.015*        | 0.500 ± 0.006*        | 22.73 ± 0.004        |
| 1.00             | 35.419                                                                 | 50.119 ± 0.011*        | 24 ± 0.30              | 95.31 ± 0.005*        | 2.060 ± 0.013*        | 0.469 ± 0.007*        | 22.74 ± 0.007        |
| 1.50             | 53.034                                                                 | 48.283 ± 0.010*        | 24 ± 0.30              | 95.15 ± 0.006*        | 2.022 ± 0.015*        | 0.458 ± 0.003*        | 22.68 ± 0.004        |
| 2.00             | 70.648                                                                 | 46.989 ± 0.008*        | 24 ± 0.35              | 91.92 ± 0.003*        | 1.969 ± 0.016*        | 0.446 ± 0.005*        | 22.65 ± 0.013        |
| 2.50             | 88.263                                                                 | 46.830 ± 0.012*        | 24 ± 0.30              | 90.22 ± 0.005*        | 1.907 ± 0.019*        | 0.434 ± 0.006*        | 22.78 ± 0.008        |
| 3.00             | 105.878                                                                | 46.966 ± 0.010*        | 24 ± 0.55              | 90.31 ± 0.006*        | 1.902 ± 0.017*        | 0.434 ± 0.005*        | 22.83 ± 0.006        |
| 3.50             | 123.493                                                                | 46.677 ± 0.010*        | 24 ± 0.30              | 89.73 ± 0.004*        | 1.879 ± 0.015         | 0.423 ± 0.002         | 22.52 ± 0.004        |
| 4.00             | 141.107                                                                | 44.297 ± 0.012         | 24 ± 0.30              | 84.57 ± 0.007         | 1.853 ± 0.015         | 0.412 ± 0.003         | 22.23 ± 0.012        |
| 4.50             | 158.722                                                                | 44.347 ± 0.013         | 24 ± 0.30              | 85.88 ± 0.006         | 1.849 ± 0.014         | 0.413 ± 0.010         | 22.32 ± 0.005        |
| 5.00             | 176.337                                                                | <b>43.063 ± 0.010*</b> | <b>18 ± 0.30*</b>      | <b>82.40 ± 0.005*</b> | <b>1.829 ± 0.015*</b> | <b>0.406 ± 0.004*</b> | 22.23 ± 0.004        |
| 10.0             | 352.484                                                                | <b>43.147 ± 0.009*</b> | <b>18 ± 0.20*</b>      | <b>81.32 ± 0.004*</b> | <b>1.818 ± 0.018*</b> | <b>0.405 ± 0.005*</b> | 22.29 ± 0.003        |
| 15.0             | 528.631                                                                | <b>42.600 ± 0.010*</b> | <b>12 ± 0.30*</b>      | <b>75.15 ± 0.005*</b> | <b>1.783 ± 0.015</b>  | 0.419 ± 0.002         | 22.50 ± 0.007        |
| Control / Témoin | 11.303                                                                 | 44.901 ± 0.009         | 24 ± 0.30              | 87.17 ± 0.003         | 1.862 ± 0.015         | 0.419 ± 0.002         | 22.50 ± 0.007        |
| SE±              | --                                                                     | <b>0.478</b>           | <b>0.816</b>           | <b>0.688</b>          | <b>0.004</b>          | <b>0.003</b>          | <b>0.134</b>         |
| CD 5%            | --                                                                     | <b>1.361</b>           | <b>2.363</b>           | <b>1.959</b>          | <b>0.015</b>          | <b>0.008</b>          | <b>0.382</b>         |

\* indicates significant at 5% level / significatif au seuil de 5 %. \* on bold font values represent negatively significant, / \* les valeurs en gras sont significatives négativement.

Table III. Analysis showing 95% confidence interval (minimum &amp; maximum) for mean with reference to progressive maturation.

Tableau III. Analyse montrant 95 % d'intervalle de confiance (minimum et maximum) pour la moyenne par rapport à la maturation progressive.

| M.T | Dose A |       |       | Dose B |        |       | Dose C |        |        | Control / Témoin |       |       |
|-----|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|------------------|-------|-------|
|     | Mean   | Min.  | Max.  | Mean   | Min.   | Max.  | Mean   | Min.   | Max.   | Mean             | Min.  | Max.  |
| 0h  | 2.614  | 1.338 | 3.890 | 2.340  | 1.647  | 3.033 | 15.516 | 11.251 | 19.782 | 1.620            | 1.620 | 1.620 |
| 6h  | 2.668  | 2.328 | 5.008 | 4.364  | 3.210  | 5.518 | 62.646 | 51.289 | 74.010 | 3.240            | 3.240 | 3.240 |
| 12h | 6.625  | 4.300 | 8.950 | 20.685 | 18.351 | 23.02 | 100.0  | 100.0  | 100.0  | 4.320            | 4.320 | 4.320 |
| 18h | 18.23  | 16.45 | 20.01 | 100.0  | 100.0  | 100.0 | ---    | ---    | ---    | 20.00            | 20.00 | 20.00 |
| 24h | 100.0  | 100.0 | 100.0 | ---    | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | 100.0            | 100.0 | 100.0 |

M.T: Mounting time / *Durée de la montée*. Mean / *Moyenne*.

VC doses / *Doses VC*, A: VC from 0.125-4.50% / *de 0.125 à 4,50 %*. B: 5.0 & 10.0% and C: 15.0 %

Manifestation of hypervitaminosis was observed in higher doses from 5.0 to 15.0% VC causing the mortality along with the reduction in economic traits of silkworm. There are ample reports regarding the limited tolerance of silkworm for VC and also for other vitamins. The results are at contradiction with the results obtained by Etebari *et al* (2004) who demonstrated that feeding a 3% concentration (corresponding to an extra dose of 105.878 mg/larva/feed in present study), decreases characteristics such as larval weight apparently due to hypervitaminosis. However the present bioassay at this dosage (3.0%) showed significant improvements in economic traits over the control. They have also reported the decrease in feeding and cocoon characteristics due the excess amounts of the vitamin in silkworm diet. Although this decrease in weight was observed in female cocoons, the males were able to tolerate the hypervitaminosis. Tsiropoulos and Cavalloro (1983) demonstrated that there is a greater sensitivity of female adults of olive fly to the concentration enhancement dehydroascorbic acid. In addition to mortality, the oviposition ability also decreased significantly. Hussain and Javed (2002) revealed that higher doses of VC cause more mortality, decline in growth of silkworm larvae, lower silk yield and decline in food consumption and coefficient of utilization. Javed and Gondal (2002) reported that the silkworm larvae which were offered with the mulberry leaves treated with 0.150% VC along with 0.2% N showed higher mortality rates along with low mean values of body weight, body length, food consumption, coefficient of utilization and cocoon shell weight. Cui *et al.*, (2003) found that VC beyond 1.0% concentration decreases growth and survival rate. According to them, an excessive quantity of VC can increase leaf acidity and diminish leaf acceptance by larvae. McFarlane (1992) suggests that high levels of VC can inhibit spermatogenesis in house crickets and decrease the viability of eggs produced. Results of the present study are not in agreement with those of Babu *et al.*, (1992) who revealed the reduction in mortality at higher doses of VC (3.0

and 4.5%). Kaur and Srivastava (1995) reported that extensive amounts of VC on *Dacus cucurbitae* could interrupt its life cycle. Saha and Khan (1997) and Khan and Saha (2003) reported that higher concentrations of vitamins reduced the fecundity and fertility of *B. mori*. Similarly, Saha and Khan (1996) described the extensive effects of multi-vitamin compounds as diet factors in growth interruption and the decrease of cocoon characteristics. The enhancement of vitamins to 8 times in the diet of peach green aphid *Mysus persicae* caused the death of nymphs and intensive reduction of female fecundity (Saito and Mitsuhashi, 1996). Excessive intake of VC has been reported to cause reproductive failure in the male rat (Paul and Gupta, 1978). Etebari (2002) showed that the high concentrations of nicotinamide (10, 20 and 30 g/l) could cause intensive mortality in the larval stage. From the first instar, the larvae in this group were treated with high doses. Tsiropoulos (1985) described that when *Dacus oleae* G are given high-doses of biotin and pyridoxine, there will be decrease in the survival of both sexes. The percentage of hatched eggs was also decreased by high concentrations of calcium pantothenate and biotin (Etebari, 2002). According to Etebari and Matindoost, 2004, high-dose of vitamin B3 in silkworm diet interrupts larval feeding and normal growth. High mortality of larvae occurs during molting and they cannot complete this process normally. Besides the decrease of biological performance and causing biochemical changes of haemolymph, hypervitaminosis makes larval skin dark. Therefore, the requirement of silkworm and also of the most insects for this vitamin is very limited and high doses of this vitamin can lead to various negative effects.

The current study demonstrated that synthetic VC in higher doses from 5 to 15% caused early larval maturation from 6 to 12 hours compared to control (Table II, III & Fig. 1). Rockstein (1978) has reported the involvement of VC in the hydroxylations that convert cholesterol to the insect molting hormone, ecdysone. It is surmised that VC treatment in silkworm larva does interfere in the process of cholesterol conversion into ecdysone causing early maturation in higher doses (5.0 to 15.0%). Babu *et al.*, (1992) reported the 23 h reduction in larval period after treatment with 4.5% concentration of VC, but at this dosage a neutral response with regard to larval duration was obtained in the present study. Absence of VC in the diet prolonged life cycle of *Chilo partellus* (Siddiqui and Sarup, 1981).

## REFERENCES

- AOAC International, Official Methods of Analysis, 16th ed., Ascorbic acid in vitamin preparations and juices. Arlington, Virginia, 1995: Method 967.21.
- BABU, M., SWAMY, M. T., RAO, P.K. AND RAO, M. S. (1992) Effect of ascorbic acid-enriched mulberry leaves on rearing of *Bombyx mori* L. Indian J. Seric. 31: 111-114.
- BERKOWITZ, D. AND ALLAWAY, A. (1998) Statistical package for social sciences (SPSS), Version 7.5 for Windows NT/Windows 95, 130-32.
- CAPPELLOZZA, L., CAPPELLOZZA, S., SAVIANE, A. AND SBRENNNA, G. (2005) Artificial diet rearing system for the silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae): effect of vitamin C deprivation on larval growth and cocoon production. Appl. Entomol. Zool., 40: 405-412.
- CHAPMAN, R. F. (1998) The insect structure and function, 4th edn. Cambridge: Cambridge University Press. p- 78.
- COHEN, A. C. (2004) Insect Diets: Science and Technology. CRC Press, p. 29.
- CUI, W. Z., SHANG, J. Y., WANG, B. AND CHENG, A. W. (2003) Effects of vitamin C on feeding habit and growth and development of the silkworm *Bombyx mori* L. Sericologia, 43: 73-80.
- ETEBARI, K. (2002) Effect of enrichment of mulberry leaves (*Morus alba*) with some vitamins

- and nitrogenous compounds on some economic traits and physiological characters of silkworm, *Bombyx mori* L. (Lep., Bombycidae) Isfahan University of Technology, Iran.
- ETEBARI, K. AND MATINDOOST, L. (2004) Effects of hypervitaminosis of vitamin B3 on silkworm biology. *J. Biosci.* 29: 417-422.
- ETEBARI, K., EDABI, R. AND MATINDOOST, L. (2004) Effects of vitamin C on biological, biochemical and economical characteristics of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Int. J. Indust. Entomol.*, 8 (1): 81-87.
- HUSSAIN, M. AND JAVED, H. (2002) Effect of 0.2 % N with various combinations ascorbic acid on growth and silk production of silkworm, *Bombyx mori*. *Asian J. Plant Sci.*, 1: 650-651.
- ITO, T. (1961) Effect of dietary ascorbic acid on the silkworm, *Bombyx mori*. *Nature* 4806 (192): 951-952.
- ITO, T. (1978). *Silkworm nutrition: The silkworm-An Important Laboratory Tool* (eds Y. Tazima) Kodansha Ltd., Tokyo. pp.307.
- JAVED, H. AND GONDAL, M.H. (2002) Effect of food supplementation of ascorbic acid on larval mortality of the silkworm, *Bombyx mori*. *Asian J. Plant Sci.*, 1(5): 556-557.
- KAUR, S. AND SRIVASTAVA, B. G. (1995) Effect of ascorbic acid and its different quantities on various parameters of reproductive potential of *Dacus cucurbitae* (Conquillett). *Indian J. Ent.*, 57(2): 151-156.
- KAUR, C. AND KAPOOR, H. C. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables: the millennium's health. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36: 703-725.
- MCFARLANE, J. E. (1992) Can ascorbic acid or beta-carotene substitute for vitamin E in spermatogenesis in the house cricket (*Acheta domesticus*)? *Comp. Biochem. Physiol.*, 103A: 179-181.
- NAVON, A. (1978) Effect of dietary ascorbic acid on larvae of the Egyptian cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis*. *J. Insect Physiol.*, 24: 39-44.
- PAUL, P. K. AND GUPTA, P. N. (1978) Beneficial or harmful effects of a large dose of vitamin C on the reproductive organs of the male rat depending upon the level of food intake. *Ind. J. Exper. Biol.*, 16: 18-21.
- RAGHURAMULU, N., NAIR, K. M. AND KALYANASUNDARAM, S. (2003) : *A Manual of Laboratory Techniques*. Published by National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research, Hyderabad, India, pp. 157-162.
- ROCKSTEIN, M. (1978) *Biochemistry of insects*. Academic Press New York, pp. 9-10.
- SAHA, B. N. AND KHAN, A. R. (1996) Effect of dietary supplementation of vitamins and minerals on the growth and development of *Bombyx mori* L. *Bangladesh J. Zool.*, 24: 125-131.
- SAITO, H. AND MITSUHASHI, J. (1996) Influence of vitamins on production of males in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Appl. Entomol. Zool.*, 31: 567-574.
- SIDDIQUI, K. H AND SARUP, P. (1981) Significance of ascorbic acid in artificial diets for mass rearing of the maize stalk borer, *Chilo partellus*. *J. Entomol. Res.*, 5:91-93.
- TSIROPOULOS, G. J. AND CAVALLORO, R. (1983) Effects of vitamin overdosing on adult *Dacus oleae*. Fruit flies of economic importance. *Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium, Athens, Greece*, pp. 85-90.

## ETUDES SUR L'HYPERVITAMINOSE ET SUR LA MATURATION LARVAIRE PRECOCE CHEZ LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L., INDUITE PAR UN TRAITEMENT A LA VITAMINE C

AABID KHALIQ TANTRAY\*, KANIKA TRIVEDI & S. NIRMAL KUMAR

Silkworm Physiology Laboratory, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore – 570 008, Karnataka, Inde. Tel + 91-821-2362571; Fax: + 91-821-2363757.

La vitamine C (VC) est l'un des nutriments les plus essentiels dont a besoin le ver à soie pour une croissance et un développement normaux. On a étudié les effets de supplément de VC dans l'alimentation avec un grand nombre de doses sur les caractères économiques du ver à soie *Bombyx mori* (CSR2 × CSR4). On vaporise quatorze doses aqueuses de VC, c'est-à-dire 0,125 ; 0,25 ; 0,50 ; 1,00 ; 1,50 ; 2,00 ; 2,50 ; 3,00 ; 3,50 ; 4,00 ; 4,500 ; 5,00 ; 10,00 et 15,0 % sur les feuilles de mûrier (variété V<sub>1</sub>) et on en nourrit les larves *B. mori* du 5<sup>ème</sup> âge par voie orale une fois par jour de l'heure zéro jusqu'au début du filage. On quantifie la VC dans les feuilles de mûrier avant et après l'apport. Chaque larve dans le lot témoin consomme 11,303 mg de VC par la feuille de mûrier pendant tout le 5<sup>ème</sup> âge. Le traitement avec des doses de VC de 0,50 % à 3,00 %, qui correspond à une dose supplémentaire de 17,804 à 105,878 mg / larve par rapport au témoin, améliore tous les caractères économiques de manière significative et les larves traitées mûrissent comme le témoin. Les doses plus élevées de VC de 5 à 15 %, qui correspondent à un apport supplémentaire compris entre 176,337 et 528,631 mg / larve pendant le 5<sup>ème</sup> âge par rapport au témoin (11,303 mg / larve), entraînent une diminution significative des caractères économiques (3 à 13,79 %) et les larves mûrissent 6 à 12 heures plus tôt par rapport au témoin. On attribue l'impact négatif des doses plus importantes sur les caractères économiques et sur la maturation larvaire à l'hypervitaminose et à l'implication de la vitamine C dans la conversion du cholestérol en ecdysone.

### INTRODUCTION

La vitamine C appartient à un groupe de vitamines solubles dans l'eau nécessaires en très petite quantité pour promouvoir un ensemble important de processus biochimiques et physiologiques nécessaires à la vie. C'est principalement un antioxydant soluble dans l'eau connu sous le nom chimique de sa forme principale l'acide ascorbique L ou simplement acide ascorbique (abrégié VC ici). En raison de son rôle très important dans la vie des plantes et des animaux, elle est encensée par les inconditionnels des nutriments en tant que « super

\* Auteur auquel adresser la correspondance E-mail: aabsimda@yahoo.co.in aabsimda@gmail.com

nutriment » ou « molécule miracle » (Kaur et Kapoor, 2001). C'est en effet un nutriment essentiel à la croissance et au développement des insectes phytophages (Navon, 1978 ; Chapman, 1998 et Cohen, 2004) et quand on l'omet dans l'alimentation du ver à soie mûrier, cela a un effet sur la physiologie et le métabolisme généraux, sur la croissance de la larve et sur la production de cocons (Ito, 1961, 1978 ; Cappelozza et coll., 2005) et cela détériore l'ecdysie et les parties buccales.

Au-delà d'une certaine concentration, la VC diminue le taux de croissance et de survie (Cui et Coll., 2003) sûrement en raison de l'hypervitaminose. Par ailleurs, on a démontré l'implication de la VC dans le processus de l'hydroxylation par lequel le cholestérol se convertit en hormone de mue (ecdysone) (Rockstein, 1978). Cet article se penche sur l'hypervitaminose et la maturation larvaire précoce induites par l'apport oral de vitamine C chez le ver à soie *Bombyx mori*.

## MATERIELS ET METHODES

### Quantification de la vitamine C dans les feuilles de mûrier :

Afin d'évaluer la quantité de VC présente dans les feuilles de mûrier (variété V1) avant et après l'apport, on soumet ces dernières à une extraction par solvant (AOAC, 1995) suivie par la quantification de la VC d'après la méthode de Raghuramulu et coll., 2003, avec certaines modifications. On moule les feuilles de mûrier, séchées dans un four à air chaud en dessous de 40° C, en poudre fine. On enlève les fractions non polaires par centrifugation à 8000 tpm avec du chloroforme et de l'éther ( 1 : 3 w / v ) successivement. On mélange les échantillons de feuilles séchées dé-éthérisées à une solution d'acide phosphorique m (MPA) à 3 % et d'acide acétique (AA) à 8 % dans un ratio de 1 : 5 (w / v) pendant 30 min. suivi par deux centrifugations successives (8000 tpm). On regroupe les surnageants obtenus et on poursuit leur quantification. On ajoute une série de dilutions du surnageant (1 ml + 5 % de TCA) à 1 ml de réactif DNPH et on les fait bouillir pendant 8 à 10 minutes. On mesure la densité optique (O. D) à 540 nm après l'ajout de 8 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 65 %. On conserve la vitamine C dans une série de dilutions comme étalon.

On calcule la quantité de VC dans un échantillon inconnu comme suit :

O D de l'échantillon × (quantité de VC standard par unité d'O. D.)

### Traitements :

Dans cette étude, on nourrit les larves du 5<sup>ème</sup> âge avec des feuilles de mûrier V<sub>1</sub> tendres le premier jour suivies par des feuilles moyennes pendant les deux jours suivants et de grosses feuilles pendant les trois derniers jours jusqu'au début de l'activité de filage. On se procure de la VC synthétique auprès des Himedia Laboratories Pvt. Ltd, Inde. On prépare 14 doses, c'est-à-dire 0,125 ; 0,25 ; 0,50 ; 1,00 ; 1,50 ; 2,00 ; 2,50 ; 3,00 ; 3,50 ; 4,00 ; 4,500 ; 5,00 ; 10,00 et 15,0 % dans de l'eau distillée. On divise les larves du 5<sup>ème</sup> âge de l'hybride de ver à soie bivoltin, CSR2 × CSR4 venant de subir l'ecdysie, en 15 groupes y compris le témoin, chaque groupe étant constitué de 3 répétitions, de 250 larves. On maintient les groupes témoins parallèlement. On vaporise les doses testées sur les feuilles de mûrier à raison de 60 ml pour 200 g de feuilles pour 100 larves. On conserve les feuilles vaporisées à l'ombre pendant 15 minutes pour que l'humidité excessive s'évapore et on en nourrit les larves du 5<sup>ème</sup> âge *ad libitum* une fois par jour de l'heure 0 (0h) jusqu'au début du filage. On procède au traitement lors du repas de nuit pour s'assurer de l'ingestion correcte des feuilles traitées.

### Calcul des ingesta :

On sèche les feuilles traitées avec de la VC dont on connaît le poids (prises comme échantillon) dans un four à air chaud pour calculer le % d'humidité et le ratio feuilles fraîches - feuilles sèches. On calcule la dose réelle ingérée en comptant le nombre de larves traitées dans chaque claie, en retirant les excréments et en séchant les feuilles restantes dans un four chaud à 70° C pendant 24h. On calcule ensuite la dose ingérée selon le poids des feuilles que les larves ont consommé. On suit la même procédure pour chaque traitement.

### Recueil des données :

On enregistre le poids larvaire lors de la croissance maximum, c'est-à-dire le 6<sup>ème</sup> jour du 5<sup>ème</sup> âge. Au début de l'activité de filage, on calcule la maturation progressive en prenant les larves complètement mûres toutes les six heures et en les transférant sur des encabanages pliants en plastique jusqu'à atteindre 100 % de maturation larvaire. On enregistre les données pour le poids larvaire, la maturation larvaire, le taux de nymphose, le poids du cocon, le poids de la coque soyeuse et la richesse soyeuse. On répète l'expérience trois fois et on analyse les données de manière statistique par ANOVA avec l'Ensemble Statistique pour les Sciences Sociales, SPSS 7,5 pour Windows (Berkowitz et Allaway, 1998) pour évaluer leur signification.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sur l'ingestion de VC avant l'apport sont présentées dans le Tableau I et l'effet de l'apport d'un grand nombre de doses de VC sur la durée de la maturation larvaire et sur les caractères économiques de l'hybride de ver à soie bivoltin, CSR2 × CSR4 est résumé dans le Tableau II. La fig. 1 et le Tableau III présentent l'impact des doses VC sur la maturation larvaire.

On observe une augmentation progressive des ingesta de VC de 0,691 à 2,277 mg / larve / repas chez les feuilles de mûrier VI (niveaux de maturité différents) sans apport (témoin) jusqu'au 5<sup>ème</sup> jour du 5<sup>ème</sup> âge, qui diminue encore le dernier jour (0,938 mg / larve / repas), soit au total une consommation de 11,303 mg de VC par larve pendant le 5<sup>ème</sup> âge (Tableau I).

Comme il est évident d'après le Tableau II, la VC alimentaire n'a pas d'impact négatif sur les caractères économiques quand elle est ajoutée aux doses les plus faibles de 0,125 à 4,50 %, qui correspondent à un dosage supplémentaire réel de 4,593 à 158,722 mg / larve pendant tout le 5<sup>ème</sup> âge par rapport au témoin (11,303 mg / larve). Tandis que la VC complémentaire à des doses plus élevées de 5 à 15 %, correspondant à un dosage supplémentaire de 176,337 à 528,631 mg / larve pendant tout le 5<sup>ème</sup> âge, induit des symptômes importants d'hypervitaminose, avec une diminution significative du taux de nymphose (5,47 – 13,79 %), du poids larvaire (– 5,12 %), du poids du cocon (1,81 – 5,14 %) et du poids de la coque soyeuse (3 à 5,14 %). L'observation des Tableaux II et III et de la fig. 1 montre que les doses supérieures de VC (de 5 à 15 %) ont aussi une influence importante sur la maturation larvaire. Les groupes larvaires traités avec des doses de VC de 5 et 10 % mûrissent en dix-huit heures (six heures plus tôt) et ceux traités avec une dose de VC de 15 % mûrissent en douze heures (12 heures plus tôt), par comparaison aux groupes témoins où 100 % de maturation larvaire a lieu en 24 heures. Les doses de vitamine C de 0,50 % à 3 % (correspondant au dosage supplémentaire de 17,804 à 105,878 mg / larve) améliorent presque tous les caractères économiques de manière significative et les larves traitées mûrissent à égalité avec les groupes témoins.

Il est très clair d'après cette étude que le ver à soie peut tolérer une dose de VC jusqu'à une certaine limite (158,722 mg / larve) et une fois que cette limite est dépassée, on observe des effets négatifs sur les caractères économiques. Au-delà de 4,5 % de dose de VC synthétique, il y a un énorme effet négatif sur la mortalité, la maturation larvaire et les caractères économiques.

On observe une manifestation d'hypervitaminose avec les doses les plus élevées de VC de 5 à 15 %, qui entraînent la mortalité et la diminution des caractères économiques du ver à soie. Il y a de nombreux rapports sur la tolérance limitée du ver à soie à la vitamine C, ainsi qu'à d'autres vitamines. Nos résultats contredisent les résultats d'Etebari et coll., (2004) qui ont montré que l'administration d'une concentration de 3 % (qui correspond à une dose supplémentaire de 105,878 mg / larve / repas dans cette étude) diminue les caractéristiques telles que le poids larvaire apparemment à cause de l'hypervitaminose. Cependant, dans notre étude l'évaluation biologique avec cette dose (3 %) montre des améliorations significatives des caractères économiques par rapport au témoin. Ils ont aussi rapporté la diminution de l'alimentation et des caractéristiques du cocon à cause de quantités trop importantes de vitamine dans l'alimentation du ver à soie. Bien qu'on observe cette baisse de poids chez les cocons femelles, les mâles sont capables de tolérer l'hypervitaminose. Tsiropoulous et Cavalloro (1983) ont signalé que les adultes femelles de la mouche de l'olivier sont plus sensibles à l'augmentation de la concentration en acide déhydroascorbique. En plus de la mortalité, la capacité de ponte baisse de manière significative. Hussain et Javed (2002) ont révélé que les doses les plus importantes de VC, entraînent plus de mortalité, le déclin de la croissance des larves de ver à soie, un rendement plus faible en soie et une baisse de la consommation de la nourriture et du coefficient d'utilisation. Javed et Gondal (2002) ont signalé que les larves de ver à soie auxquelles on donne des feuilles de mûrier traitées avec 0,150 % de VC et 0.2 % de N présentent des taux de mortalité plus élevés avec des valeurs moyennes faibles pour le poids corporel, pour la longueur du corps, la consommation de nourriture, le coefficient d'utilisation et le poids de la coque. Cui et coll., (2002) ont constaté que la VC au-delà d'une concentration de 1 % fait baisser la croissance et le taux de survie. Selon eux, une quantité excessive de VC peut augmenter l'acidité de la feuille et diminuer l'acceptation de la feuille par les larves. McFarlane (1992) a suggéré que des niveaux élevés de VC peuvent inhiber la spermatogenèse chez les criquets domestiques et diminuer la viabilité des œufs produits. Les résultats de notre étude ne sont pas en accord avec ceux de Babu et coll., (1992) qui ont révélé une diminution de la mortalité avec des doses plus élevées de VC (3 et 4,5 %). Karu et Srivastava (1995) ont rapporté que de grandes quantités de VC chez *Dacus cucurbitae* peuvent interrompre son cycle de vie. Saha et Khan (1997) et Khan et Saha (2003) ont signalé que les concentrations les plus élevées de vitamines diminuent la fécondité et la fertilité de *B. mori*. De même, Saha et Khan (1996) ont décrit les effets importants des composés multivitaminés comme facteurs alimentaires dans l'interruption de la croissance et la diminution des caractéristiques des cocons. La multiplication des vitamines par huit dans l'alimentation du puceron vert du pêcher *Mysus persicae* entraîne la mort des nymphes et une diminution intense de la fécondité de la femelle (Saito et Mitsuhashi, 1996). On a rapporté que l'absorption excessive de VC entraîne un échec de la reproduction chez le rat mâle (Paul et Gupta, 1978). Etebari (2002) a montré que les concentrations élevées de nicotinamide (10, 20 et 30 g / l) peuvent entraîner une mortalité importante pendant le stade larvaire. Les larves dans ces groupes ont été traitées avec des doses élevées à partir du 1<sup>er</sup> âge. Tsiropoulous (1985) a rapporté que lorsqu'on donne des doses élevées de biotine et de pyridoxine à *Dacus oleae* G., il se produit une diminution de la survie des deux sexes. Le pourcentage d'éclosion des œufs diminue aussi avec des concentrations élevées de panthéonate de calcium et de biotine (Etebari, 2000). Selon Etebari et Matindoost, 2004, une dose élevée de vitamine B3 dans

l'alimentation du ver à soie interrompt l'alimentation larvaire et la croissance normale. Il se produit une mortalité élevée des larves pendant la mue et elles ne peuvent pas terminer ce processus normalement. En plus de diminuer la performance biologique et d'entraîner des changements biochimiques de l'hémolymph, l'hypervitaminose rend la peau des larves foncée. Le besoin du ver à soie et aussi de la plupart des insectes en cette vitamine est donc très limité et des doses élevées de cette vitamine peuvent entraîner différents effets négatifs.

Cette étude montre que la VC synthétique à des doses très élevées de 5 à 15 % entraîne une maturation larvaire précoce de 6 à 12 heures, par comparaison au témoin (Tableaux II, III et Fig. 1). Rockstein (1978) a signalé l'implication de la VC dans les hydroxylations qui convertissent le cholestérol en hormone de mue de l'insecte, l'ecdysone. On pense que le traitement de la larve de ver à soie avec de la VC interfère avec le processus de conversion du cholestérol en ecdysone, ce qui provoque la maturation précoce aux doses les plus élevées (5 à 15 %). Babu et coll., (1992) ont signalé une diminution de la durée larvaire de 23 h après le traitement avec une concentration de VC à 4,5 %, mais dans notre étude, on obtient une réponse neutre avec cette dose pour ce qui est de la durée larvaire. L'absence de VC dans l'alimentation prolonge le cycle de vie de *Chilo partellus* (Siddiqui et Sarup, 1981).

## **RADIAL MOUNTAGE (RM) - A SIMPLE SELF MOUNTING AND COCOON SPINNING TOOL OF DOMESTIC MULBERRY SILKWORM, *BOMBYX MORI* (LINN)**

**G. V. PRASAD<sup>1</sup>, R. MANOHAR REDDY\*<sup>2</sup>, M. RAGHUPATHI<sup>3</sup>, T. MOGILI<sup>4</sup>,  
CH. S. RAJU<sup>3</sup> AND S. M. H. QADRI<sup>5</sup>**

1. Cluster Promotion Centre, Central Silk Board, Palamaner - 517408, India
2. P<sub>2</sub> Basic Seed Farm, NSSO, Central Silk Board, Parigi-515261, India
3. Regional Sericultural Research Station, Central Silk Board, Ananthapur- 515001, India
4. Research Extension Centre, Central Silk Board, Venkatagirikota - 517424, India
5. Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Mysore - 570008, India

*Among the mulberry silkworm rearing activities, the picking and mounting of ripened larvae on to chandrike for cocoon spinning is time-bound and determines the cost benefit ratio and commercial sustenance of sericultural practice. The inherent behaviour of matured silkworm larvae to crawl in a vertical direction (Negative geotropism) has been exploited for their self mounting on to a simple device, the Radial Mountage (RM) to spin cocoons without human assistance. The RM is designed to provide a suitable platform for the matured larvae of *Bombyx mori* to accommodate them without human handling and to spin cocoons, just by keeping this device over the rearing bed for making silkworm mounting procedure less cumbersome. This self mounting RM is not only simple and value inspired for mulberry silkworm mounting with least man power, but also eradicates other disadvantages encountered with in-practice spinning devices on investment, transportation, spinning and storage space, disinfection and maintenance.*

**Keywords:** *Bombyx mori*, Geotropism, Radial mountage, Self mounting, Spinning tool

### **INTRODUCTION**

The sericulture is one of the intensive agro based industry being practiced over several parts of India and many countries of the world. The activity, though looks attractive with frequent and fluent crop returns in a year, it involves higher labour force for time-bound silkworm rearing activities. Among them, the transferring of mature silkworm larvae on to a suitable device to spin its cocoon is known as mounting and is vital for silkworm larvae to eject optimal silk and to protect its pupal form till it completes the life cycle. Despite a variety of spinning tool models, the traditional bamboo chandrike have been widely accepted in the field, due to the simplicity of the model, easy availability and non-requirement of skilled man power for its use. However, there are inherent disadvantages in bamboo chandrike like requirement of separate storage room

\* Corresponding author: dr.manohar1959@rediffmail.com

especially away from the silkworm rearing house, difficult and expensive transportation, requirement of separate mounting and cocoon spinning room and high man power for picking and mounting the matured silkworms besides the occurrence of defective cocoons and un-uniform cocoon shapes with low reelability (Singh *et al.*, 1998; Sugun *et al.*, 2000; Rajan *et al.*, 2006). Further, the current status of escalated labour cost, shortage of man power and most importantly the competition with other alternative cash crops are the major limiting factors for the positive expansion of sericulture sector. Hence, the sericultural appliances in general and mountages in particular required for present day situation could be the one, which involves least man power, low maintenance and transportation cost, longer self life and with the cocoon produce of good quality and marketability (Rajan *et al.*, 1996; Yang *et al.*, 2000; Reddy *et al.*, 2004). For the sustainable commercial sericulture and better economics, the need perhaps a new type of self mounting device which is easy to assemble, use, store and transport, yet providing a right platform for the spinning of reasonably a good seed processable or silk reelable cocoon. Among the alternative mountages available, the plastic collapsible and bottle brush mountages are reported for drawbacks like urination and wastage of silk while spinning (Periasamy and Radhakrishnan, 1987; Barah and Samson, 1990; Singh *et al.*, 1994; Rajan *et al.*, 1996; Sahu *et al.*, 1998; Reddy *et al.*, 2004), while the new and improved rotary mountages are expensive with low self life, in spite they are known for improved quality, shape, size and uniformity of cocoons with high reelability (Yang *et al.*, 2000; Chandrakanth *et al.*, 2004; Babu *et al.*, 2007; Chikkanna *et al.*, 2009). However, the new Radial Mountage (RM) has shown results at par with bamboo chandrike on defective and double cocoons, optimal shape, size and uniformity with additional advantages like self mounting, non-requirement of separate spinning and storage space, easy transportation, low cost and simple applicative operation.

### DESCRIPTION OF RADIAL MOUNTAGE (RM)

The Radial Mountage (RM) consists of four components, namely sieve plate, bamboo sticks, deflection conical and bamboo stick feeding chamber

#### Sieve Plate:

The sieve plate (Fig 1) is a circular non flexible and hard disc made up of high density plastic material with two extensions on the edge facing in opposite directions. The component carries 53 numbers of pores on its surface distributed in four circular rows and one in centre. The sieve plate pores are to accommodate vertical bamboo rods, and to deflect them to different angles using a slope setting conical which altogether assume a conical structure which is defined as one unit of the Radial Mountage (RM).

#### Bamboo sticks:

The 53 detachable bamboo sticks (Fig 2) are the core longitudinal stiff and non flexible components of RM and these sticks along with the space encompassed by them act as an anchoring base for accommodating the matured silkworms to spin their cocoons. They carries on its axis a flat and spherical shaped rubber bulb at one end to fix on to sieve plate, with both the terminals (ends) are smooth and round finishing to avoid injury to the operating person and silkworm while assembling and using. However, the remaining portion of stick remains coarse for optimal grip of the cocoon spinning silkworm.

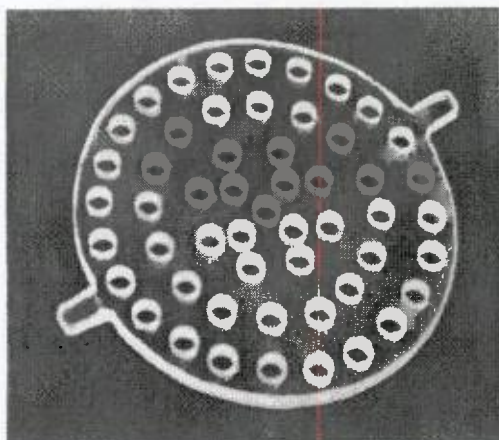


**Fig. 1. Sieve plate.**

*Fig. 1. Plaque perforée.*

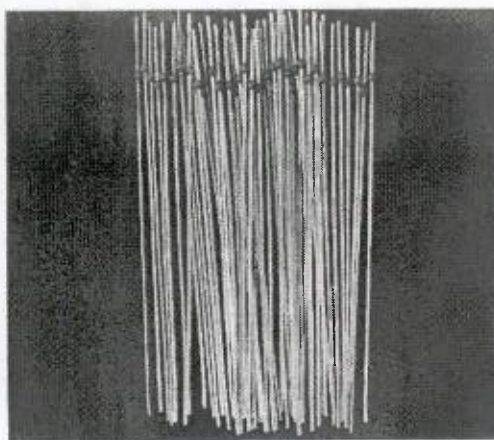


**Fig. 2. Bamboo sticks.**

*Fig. 2. Tiges de bambou*

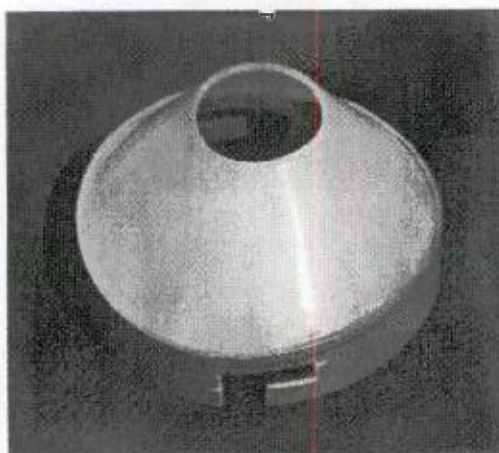


**Fig. 3. Deflection conical.**

*Fig. 3. Cône de déflexion.*

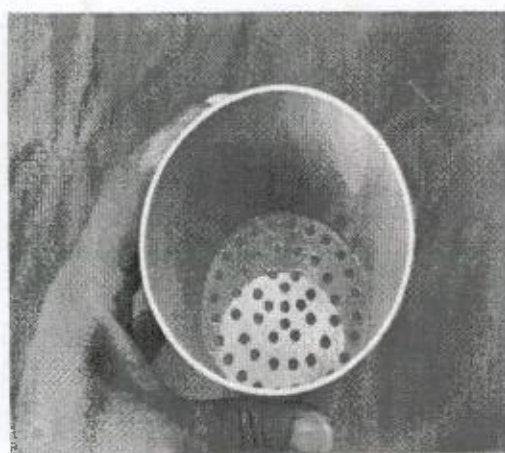


**Fig. 4. Feeding chamber.**

*Fig. 4. Compartiment de distribution.*

**Figs. 1-4. Parts of radial moutage. / Fig. 1-4. Parties de l'encabanage radial.**

### **Deflection Conical:**

The deflection conical (Fig III) is a semi-conical structure made of high density plastic and is designed to deflect the entire set of bamboo sticks, so that the RM assumes the anticipated shape and dimensions. It is open at both ends, the upper being small and lower with bigger diameter, while the diameter of the conical at the brim joint (the joining point of the conical with the brim) is in between. The brim portion of the conical carries two L-shaped slots in opposite direction for fixing the deflection conical on sieve plate to lock and unlock with a precise twist clock-wise and anti-clock-wise respectively.

**Bamboo stick feeding Chamber:**

The bamboo stick feeding chamber (Fig 4) is a simple tool designed to insert the bamboo sticks in to the pores of sieve plate at faster rate than manually one by one. It is not an integral part of the RM, but is only a tool to make assembling process easy and rapid within a minute. This cylindrical chamber made of PVC, and at one end, it carries two L-shaped slots on the brim in opposite direction and are meant for fixing the sieve plate while inserting the bamboo rods.

**ASSEMBLING OF THE MOUNTAGE**

The sieve plate is taken and its peripheral elevations are aligned with the L-shaped slots of the bamboo stick fixing chamber, and locked them together by a precise clock-wise twist. A handful of bamboo sticks are taken with their rubber bulb portion facing towards the top, and dropped them vertically into the feeding chamber randomly to get inserted into the pores of the sieve plate. The remaining sticks are lifted vertically to a certain height within the chamber and dropped them once again and to repeat this process till sticks are inserted to all the pores. Then, the sieve plate is detached from the chamber by unlocking and manually fills the vacant pores if any and held horizontally using two fingers at the side elevations. Now, the deflection conical to be taken and aligned on the sieve plate in such a way, that all the tips of the bamboo sticks fall within the brim of the conical. Then the conical is pressed gently towards the sieve plate and the side elevations are aligned with the L-shaped slots, and locked by twisting the conical precisely in a clock-wise direction. By doing this alignment, the bamboo sticks will deflect from their original position to different angles towards their respective peripheral directions so that the entire assemblage attains the shape of a conical structure, which is a unit of Radial Mountage (Fig 5). The time required to assemble one unit of RM by the above method is approximately of about one minute. Further, the angle of deflection for each stick is predetermined by the location of the pore in which it is inserted, and the slope of the cone used for alignment so that the unit acts as an ideal site for the mature silkworms to spin cocoons.

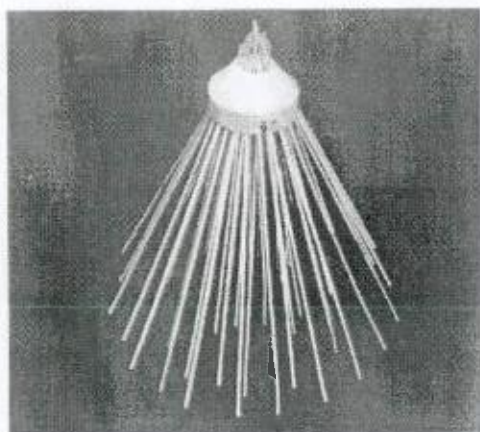


**Fig. 5. Assembled radial mountage.**

*Fig. 5. Encabannage radial assemblé.*

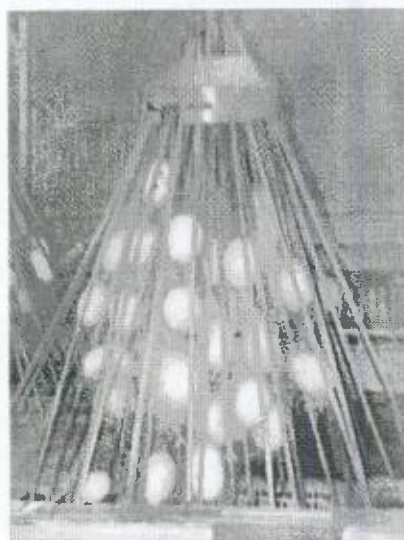


**Fig. 6. RM with cocoons.**

*Fig. 6. RM avec des cocons.*

## PERIOD AND METHOD OF APPLICATION

When about 25-30% silkworm larvae attain maturity, the RMs can be placed on the rearing bed one after the other with a gap of two inch between the mountages. About 400 RMs are necessary to cover the entire rearing bed of 100 disease free layings (Dfls). The time taken to assemble one Radial Mountage unit is about one minute and one person can assemble sixty mountages per hour. The required number of such units can be made ready and preserved in advance based on the rearing capacity, so that the mounting can be managed on the day of spinning with least man power by just fixing deflection conical for launching the required RMs. The matured silkworms will crawl on to the mountage with the support of sticks in vertical direction due to their negative geotropic behaviour, and spin cocoons in the space available between the bamboo sticks of RM (Fig 6).

## HARVESTING OF COCOONS

The spun silkworm cocoons are to be harvested on the fourth day after spinning in case of cross breeds, and on the fifth day in case of bivoltine hybrids. The method of harvesting cocoons from RM is very simple, less cumbersome and not of labour intensive. The mountages (RM) are to be separated from the silkworm rearing bed and the bamboo sticks of the RM are gently removed from the sieve plate one by one in vertical direction, so that the silkworm cocoons are set free on the other side in to a collecting tray.

## RESULTS AND DISCUSSION

The data on the parameters of cocoon quality among different mounting and spinning devices (Table I) indicates the impact of used devices on the quality of silkworm cocoons. Among the four types of mountages evaluated, the rotary mountage has shown superior performance. However, the second best performance was recorded in radial mountage (RM) over the traditional bamboo chandrike and plastic mountages. The commercially important parameters like melt and defective cocoon percentage, pupation rate, shell ratio percentage and cocoon length / breadth ratio, which will decides the cocoon rate, was superior in rotary mountage. The floss percentage, which is also a major parameter associated with the mounting and spinning device was recorded least in rotary mountage and highest in plastic mountage, while the performance of RM was next to rotary mountage but was better over bamboo chandrike and plastic mountage. The percentage of floss which has got direct impact on shell weight, silk ratio and cocoon rate were superior in rotary mountage followed by RM, bamboo chandrike and plastic mountages.

The other important data on the cost investment pattern among different mounting and spinning devices per 100 Dfls of rearing (Table II) indicates the economic advantage in RM over the other three mounting and spinning devices in respect of investment, durability and maintenance. Though, the number of mountages required is more in RM, its easy maintenance and less investment was advantageous, while the durability was at par with other spinning devices indicates their advantage and the reason to prefer them among available options.

The imperative information on the requirement of space and manpower per 100 Dfls of silkworm rearing among for different mounting and spinning devices (Table III) indicates superiority of RM over other devices followed by plastic mountages, bamboo chandrike and rotary mountages. The requirement of manpower and spinning space will involve expenditure and contributes to the economics and sustenance of sericulture and hence the reason to prefer the new RM as spinning device by the sericulturists.

Table I. Pattern of cocoon quality parameters among different mounting and spinning devices.

*Tableau I. Paramètres qualitatifs du cocon avec les différents systèmes d'encabanage et de filage.*

| Parameter                             | Name of the mounting and spinning device        |                                |                           |                          |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                       | Bamboo Chandrike                                | Plastic Mountage               | Rotary Mountage           | Radial Mountage          |
|                                       | <i>Nom du système d'encabanage et de filage</i> |                                |                           |                          |
| <i>Paramètre</i>                      | <i>Chandrike en bambou</i>                      | <i>Encabanage en plastique</i> | <i>Encabanage rotatif</i> | <i>Encabanage radial</i> |
| Melt cocoon %                         | 8.6                                             | 11.8                           | 4.8                       | 6.3                      |
| % de cocons tachés                    |                                                 |                                |                           |                          |
| Defective cocoon %                    | 6-8                                             | 8-11                           | 4-7                       | 6-7                      |
| % de cocons défectueux                |                                                 |                                |                           |                          |
| Floss % / % de bourre                 | 0.67                                            | 0.96                           | 0.37                      | 0.66                     |
| Pupation rate %                       | 91.4                                            | 88.2                           | 95.2                      | 92.1                     |
| Taux de nymphose (%)                  |                                                 |                                |                           |                          |
| Single cocoon wt. (g)                 | 1.900                                           | 1.810                          | 1.991                     | 1.920                    |
| Poids d'un cocon (g)                  |                                                 |                                |                           |                          |
| Shell wt. (g) / Poids de la coque (g) | 0.352                                           | 0.333                          | 0.381                     | 0.360                    |
| Shell ratio (%)                       | 18.53                                           | 18.39                          | 19.11                     | 18.75                    |
| Richesse soyeuse (%)                  |                                                 |                                |                           |                          |
| Cocoon per ltr (no)                   | 70.6                                            | 72.0                           | 65.5                      | 69.2                     |
| Cocons par l. (nbre)                  |                                                 |                                |                           |                          |
| Cocoon length (mm)                    | 3.36                                            | 3.30                           | 3.41                      | 3.39                     |
| Longueur du cocon (mm)                |                                                 |                                |                           |                          |
| Cocoon breadth (mm)                   | 1.98                                            | 1.97                           | 1.99                      | 1.98                     |
| Largeur du cocon (mm)                 |                                                 |                                |                           |                          |
| Cocoon length/ breadth ratio          | 169.5                                           | 167.3                          | 171.8                     | 171.2                    |
| Ratio longueur / largeur du cocon     |                                                 |                                |                           |                          |
| Cocoon rate/ kg (Rs.)                 | 218                                             | 212                            | 234                       | 215                      |
| Prix des cocons / kg (Rs)             |                                                 |                                |                           |                          |

The application preference of any sericultural equipment depends on their suitability, operational simplicity, durability and most importantly, the cost factor. Till now, no such device has been evolved for larval mounting and cocoon spinning in case of mulberry silkworm, *Bombyx mori*. However, the device with better overall advantage among the existing options will be opted, in spite of obligatory compromise at least in some of the functional/ utilizational ins and outs. For the said reasons, the bamboo chandrike has become one of the most traditional

and popular spinning device of Indian sericulture since centuries. However, the liberalization, privatization and globalization (LPG) has brought in change in the approach of Indian agriculture in general and mulberry sericulture in particular and the agencies like Swiss Development Corporation (SDC) and Japan International Cooperation Agency (JICA) have motivated the Indian sericulturists to advance towards the international standards, which was possible by adopting better technologies with improved equipment. While progressing so, the usage of rotary mountages in Indian sericulture became popular in spite of the higher investment, as the same was supplied on subsidy basis. However, the view of Indian sericulture farmer was on the cost, investment, durability and most importantly the labour and operational place constraint has made them to prefer the device for spinning.

**Table II. Cost investment pattern (per 100 Dfls rearing) among different mounting and spinning devices.**

*Tableau II. Coût de l'investissement entre différents systèmes d'encabanage et de filage (pour l'élevage de 100 pontes saines).*

| Parameter                                     | Name of the mounting and spinning device        |                                |                               |                           |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|                                               | Bamboo Chandrike                                | Plastic Mountage               | Rotary Mountage               | Radial Mountage           |
|                                               | <i>Nom du système d'encabanage et de filage</i> |                                |                               |                           |
| <i>Paramètre</i>                              | <i>Chandrike En bambou</i>                      | <i>Encabanage en plastique</i> | <i>Encabanage rotatif</i>     | <i>Encabanage radial</i>  |
| No. of mountages<br><i>Nbre d'encabanages</i> | 45-50                                           | 100-120                        | 35-40                         | 350-400                   |
| Cost in Rs. / <i>Coût en Rs</i>               | 15,000                                          | 6,500                          | 20,800                        | 6,000                     |
| Durability<br><i>Durabilité</i>               | 4-6 yrs<br><i>4-6 ans</i>                       | 4-6 yrs<br><i>4-6 ans</i>      | 4-5 yrs<br><i>4-5 ans</i>     | 4-5 yrs<br><i>4-5 ans</i> |
| Maintenance<br><i>Entretien</i>               | Moderate<br><i>Modéré</i>                       | Moderate<br><i>Modéré</i>      | Difficult<br><i>Difficile</i> | Easy<br><i>Facile</i>     |

The economic sustenance of sericulture depends on the cost benefit ratio and hence the sericulture farmers are keen on the costs of equipment and labour, which made them to opt best among the available to earn better returns. The cost of the end product again depends on the end product quality, the cocoon commercial parameters like the defectiveness, length and breadth, size uniformity and shell weights. Further, the cost benefit ratio and operational ease depends on the investment on the equipment and labour and most importantly the space required while using the mounting and spinning devices. Hence, any new mounting and spinning device which can

fulfill the said basics, can only replace the traditional and in-practice options. Among the four devices evaluated, the RM looks beneficial in many of the parameters and can win the over-all preference among the existing mulberry silkworm mounting and spinning device options.

**Table III. Space and manpower requirement (per 100 Dfls rearing) among different mounting and spinning devices**

*Tableau III. Besoin en espace et en main d'oeuvre pour les différents systèmes d'encabanage et de filage (pour l'élevage de 100 pontes saines).*

| Parameter                                                                | Name of the mounting and spinning device          |                                         |                                                  |                                              |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                                          | Bamboo Chandrike                                  | Plastic Mountage                        | Rotary Mountage                                  | Radial Mountage                              |
|                                                                          | <i>Nom du système d'encabanage et de filage</i>   |                                         |                                                  |                                              |
| <i>Paramètre</i>                                                         | <i>Chandrike en bambou</i>                        | <i>Encabanage en plastique</i>          | <i>Encabanage rotatif</i>                        | <i>Encabanage radial</i>                     |
| For mounting<br><i>Pour l'encabanage</i>                                 | 3 man days<br><i>3 jours de travail</i>           | 1 man day<br><i>un jour de travail</i>  | 6 man days<br><i>6 jours de travail</i>          | 1 man days<br><i>1 jour de travail</i>       |
| For harvesting<br><i>Pour la récolte</i>                                 | 3 man days<br><i>3 jours de travail</i>           | 4 man days<br><i>4 jours de travail</i> | 5 man days<br><i>5 jours de travail</i>          | 2 man days<br><i>2 jours de travail</i>      |
| Spinning and mounting<br>Space for mounting                              | 9 × 12 m<br>verandah or<br>Mounting hall          | No special<br>space is<br>required      | 9 × 3 m<br>verandah or<br>Mounting hall          | No special<br>space is<br>required           |
| <i>Espace pour le filage et l'encabanage</i>                             | <i>Véranda ou hall pour la montée de 9 × 12 m</i> | <i>pas besoin d'espace spécial</i>      | <i>Véranda ou hall pour la montée de 9 × 3 m</i> | <i>Pas besoin d'espace spécial</i>           |
| Mountage storage space<br><i>Espace de stockage pour les encabanages</i> | More<br><i>Plus important</i>                     | Less<br><i>Moins important</i>          | More<br><i>Plus important</i>                    | Very less<br><i>Beaucoup moins important</i> |

### MERITS OF RM OVER IN-PRACTICE DEVICES

The RM is well suited even for small and marginal farmers with their affordable cost compared to bamboo chandrike and rotary mountages.

The RM has better self life because of the material used for their fabrication, handling procedure, easy transportation and storage and repair compatibility over other mounting and spinning devices.

The RM is completely detachable and its components occupy less than 10% of the storage space as compared to the bamboo chandrike.

The RM parts will weigh less than any other mountage models available in the field and hence no separate storage room is necessary, as they can be stored in carton boxes.

The RM can directly accommodate on the silkworm rearing beds and hence there is no need for separate mounting and spinning space like other mounting devices.

The RM can be dismantled and packed in cartons to facilitate easy transportation in public conveyance as domestic luggage to cut down the transportation expenses, which is an added advantage even for hiring like the traditional bamboo chandrike.

The process of assembling of RM is very easy as it requires only a simple rod-insertion and setting device, which need less than a minute for each unit of RM.

The RM is made up of detachable and non-corrosive plastic/ bamboo components of less than one feet length and can be disinfected in a bucket disinfectant solution, which is easy and comfortable, less expensive and highly effective.

The components of RM are made up of high density plastic/ bamboo, and hence the repairing or replacing of any damaged part can be done easily and immediately without affecting the usability and durability of the appliance.

The procedure involved in launching the RM is easy and the required 400 units per 100 Dfls can be assembled within three hours by two persons and there is no other mounting device which can save man power to that extent with such rapidity.

The RM could maintain cocoon characters at par with traditional bamboo chandrike in respect of cocoon spinning and reelability along with additional advantages like self mounting, non-requirement of separate spinning and storage space, low cost, easy transportation and simple applicative operation.

## CONCLUSION

The need of the day is to minimize the man power requirement to make any agro based enterprise more viable, and in particular this is a major intimidation for the growth and future of Indian sericulture. Among the activities of mulberry sericulture, the cocoon spinning stage is most labour intensive and considered as a major limiting factor being a very crucial and time-bound. Despite a wide range of mountage models generated by different Research Institutes of the sericulture practicing countries, the bamboo chandrike have been continuing as a ruling model and could not be replaced despite some of its inherent disadvantages. The drawbacks in the traditional bamboo chandrike are the structural disadvantage of demanding separate mounting and storage space, inconvenience in transportation and the functional disadvantage of demanding higher man power. Hence, the Radial Mountage (RM) can be put into use as self mounting device with least man power, low operational and storage space requirement and lesser weight than any other cocoon spinning device models currently available in the field. The additional applicable advantages of RM like easy transportability, low capital investment, effective disinfectability, simple maintenance and value creative potential made it deserving for large scale field exploitation.

## REFERENCES

- BABU G.K.S., G.B.SINGH AND S.B.DANDIN. 2007. Cocoon harvester for rotary mountages. *Indian Silk*, 46: 6-8.
- BARAH A., AND M.V.SAMSON. 1990. Effect of various mountages on the cocooning of the muga silkworm, *Antheraea assama* Westwood. *Sericologia*, 30: 313-321.
- CHANDRAKANTH K.S., G.K.S.BABU, S.B.DANDIN, V.B.MATHUR AND

- T.S.MAHADEVAMURTHY. 2004. Development of improved mountages. Indian Silk., 43: 7-12.
- CHIKKANNA., G.S.VINDHYA, A.SINGH AND S.M.H.QADRI. 2009. Qualitative improvement in terms of economics gained by using two different types of mountages for silkworm cocoon. Green Farming., 2: 1014-1016.
- PERIASAMY K., AND S.RADHAKRISHNAN, 1987. Design of a new type of mountage and assessment of its advantages over the conventional bamboo mountages. Sericologia., 27: 35-48.
- RAJAN R.K., M.T.HIMANTHARAJ, G.S.VINDHYA, G.B.SINGH AND Y.YAMAMOTO. 2006. Rotary mountage for quality bivoltine cocoons-Japan International Cooperation Agency (JICA), Central Sericultural Research & Training Institute, Central Silk Board, Mysore, India.
- RAJAN R.K., T.INOKUCHI AND R.K.DATTA. 1996. Manual on mounting and harvesting technology - Bivoltine Sericulture Technology Development - Japan International Cooperation Agency (JICA), Central Sericultural Research & Training Institute, Central Silk Board, Mysore, India.
- REDDY G.V., M.V.CHALAPATHY AND C.K.KAMBLE. 2004. Impact of mountages and larval density on cocoon quality and egg production. Indian Silk., 43: 14-16.
- SAHU A.K., B.B.SINGHA, G.RAJKHOWA AND P.K.DAS. 1998. Improvement in muga silkworm seed technology: The box type mountage, a new model for cocooning of muga silkworm *Antheraea assama* Westwood. Sericologia., 38: 331-346.
- SINGH G.P., M.T.HIMANTHARAJ, C.K.KAMBLE AND R.K.DATTA. 1998. Impact of different types of mountages on cocoon and reeling parameters in silkworm, *Bombyx mori* L. Sericologia., 38: 321-330.
- SINGH G.B.,R.K.RAJAN, T.INOKUHI, M.T.HIMANTHARAJ, A.MEENAL AND R.K.DATTA. 1994. Studies on the use of plastic bottle brush mountages for silkworm mounting and its effect on cocoon characters and reelability. Indian Journal of Sericulture., 33: 95-97.
- SUGUN R., M.V.CHANDRAKALA AND S.R.KATTI. 2000. Types of mountages practiced in Chinese sericulture. Bulletin of Indian Academy of Sericulture., 4: 82-84.
- YANG M., L.ZHU AND Y.MIAO. 2000. Relationship between wrinkles and reelability in the cocoon of the mulberry silkworm *Bombyx mori* L. Bulletin of Indian Academy of Sericulture., 4: 57-61

## L'ENCABANAGE RADIAL (RM) - UN OUTIL SIMPLE POUR LA MONTEE LIBRE ET LE FILAGE DU COCON DU VER A SOIE DOMESTIQUE, *BOMBYX MORI* (LINN)

G. V. PRASAD<sup>1</sup>, R. MANOHAR REDDY<sup>\*2</sup>, M. RAGHUPATHI<sup>3</sup>, T. MOGILI<sup>4</sup>,  
CH. S. RAJU<sup>3</sup> & S. M. H. QADRI<sup>5</sup>

1. Cluster Promotion Centre, Central Silk Board, Palamaner - 517408, Inde.
2. P<sub>2</sub> Basic Seed Farm, NSSO, Central Silk Board, PARIGI-515261, Inde.
3. Regional Sericultural Research Station, Central Silk Board, Ananthapur - 515001, Inde.
4. Research Extension Centre, Central Silk Board, Venkatagirikota - 517424, Inde.
5. Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Mysore - 570008, Inde.

*Parmi les activités d'élevage du ver à soie mûrier, le ramassage et la montée des larves mûres sur un chandrike pour le filage du cocon est assorti de délais et détermine le ratio coût—bénéfice et la durabilité commerciale de la pratique séricicole. On a exploité le comportement inhérent des larves mûres du ver à soie qui rampent verticalement (géotropisme négatif) pour leur montée naturelle sur un système simple, l'encabanage radial (RM), pour qu'elles filent des cocons sans assistance humaine. Le RM est conçu pour apporter un soutien aux larves mûres de *Bombyx mori* pour qu'elles s'adaptent sans manipulation humaine et qu'elles filent leurs cocons, en maintenant juste ce système au-dessus de la litière, afin que la procédure de montée soit moins contraignante. Non seulement le RM est simple pour la montée libre du ver à soie mûrier et demande moins de main d'œuvre, mais il supprime aussi d'autres inconvénients que l'on rencontre avec les systèmes de filage utilisés à l'heure actuelle en matière d'investissement, de transport, de filage, d'espace de stockage, de désinfection et d'entretien.*

### INTRODUCTION

La sériciculture est l'une des industries agricoles intensives pratiquée dans plusieurs parties de l'Inde et dans de nombreux pays du monde entier. Bien qu'elle semble attirante avec des revenus fréquents et abondants de récolte dans l'année, l'activité demande plus de main d'œuvre pour les activités d'élevage du ver à soie qui sont délimitées dans le temps. Parmi elles, le transfert des larves de ver à soie mûres sur un système adapté pour qu'elles filent leurs cocons s'appelle la montée et est vital pour les larves de ver à soie pour l'éjection optimale de la soie et pour protéger la nymphe jusqu'à ce qu'elle achève son cycle de vie. Malgré un certain

---

\*Auteur auquel adresser la correspondance : dr.manohar1959@rediffmail.com

nombre de modèles de systèmes pour le filage, le chandrike en bambou traditionnel est largement accepté sur le terrain, en raison de la simplicité du modèle, de sa facilité d'accès, et parce qu'il ne nécessite pas de main d'œuvre qualifiée pour l'utiliser. Cependant, le chandrike en bambou présente des inconvénients, tels que le fait qu'il nécessite une pièce de stockage séparée éloignée de la magnanerie, une pièce séparée pour la montée et le filage du cocon, une main d'œuvre importante pour recueillir et faire monter les vers à soie mûrs, que son transport est difficile et cher, en plus de la présence de cocons défectueux, aux formes non uniformes, dont la dévidabilité est mauvaise (Singh et coll., 1998 ; Sugun et coll., 2000 ; Rajan et coll., 2006). Par ailleurs, la situation actuelle concernant l'augmentation du coût du travail, le manque de main d'œuvre et de manière plus importante la concurrence d'autres cultures de rente alternatives sont les principaux facteurs qui limitent l'expansion positive du secteur séricicole. Les équipements séricicoles en général et les encabanages en particulier nécessaires à la situation actuelle pourraient être ceux qui demandent moins de main d'œuvre, peu d'entretien, dont le coût de transport est faible, la durée de vie plus longue et qui donnent une production de bonne qualité, pouvant être commercialisée (Rajan et coll., 1996 ; Yang et coll., 2000 ; Reddy et coll., 2004). Pour la durabilité et la meilleure rentabilité de la sériciculture commerciale, on a peut-être besoin d'un nouveau type de système pour la montée libre, facile à assembler, à utiliser, à stocker et à transporter, apportant cependant un support adapté pour le filage d'un cocon suffisamment bon pour le grainage et la transformation ou pour le dévidage de la soie. Parmi les encabanages alternatifs disponibles, les encabanages pliants en plastique et les encabanages de type écouvillon présentent des inconvénients tels que la présence d'urine et le gaspillage de la soie au cours du filage (Periasamy et Radhakrishnan, 1987 ; Barah et Samson, 1990 ; Singh et coll., 1994 ; Rajan et coll., 1996 ; Sahu et coll., 1998 ; Reddy et coll., 2004), tandis que les nouveaux encabanages améliorés rotatifs sont chers et ont une durée de vie assez courte, bien qu'ils soient connus pour l'amélioration de la qualité, de la forme, de la taille et de l'uniformité des cocons, dont la dévidabilité est élevée (Yang et coll., 2000 ; Chandrakanth et coll., 2004 ; Babu et coll., 2007 ; Chikkanna et coll., 2009). Cependant, le nouvel encabanage radial (RM) présente des résultats égaux à ceux du chandrike en bambou en matière de cocons défectueux et doubles et donne des cocons dont la forme, la taille et l'uniformité sont optimales, ses avantages supplémentaires sont la montée libre, l'absence de nécessité d'un espace de filage et de stockage séparé, sa facilité de transport, son coût faible et sa facilité d'utilisation.

### DESCRIPTION DE L'ENCABANAGE RADIAL (RM)

L'encabanage radial (RM) est constitué de quatre éléments à savoir, une plaque perforée, des tiges de bambou, un cône de déflexion et un compartiment de distribution des tiges de bambou.

#### Plaque perforée :

La plaque perforée (Fig. 1) est un disque circulaire dur non flexible réalisé à partir d'un matériau en plastique à haute densité comprenant deux languettes sur le bord l'une en face de l'autre. L'élément comporte 53 trous sur sa surface distribués en quatre rangées circulaires et l'un au milieu. Les trous de la plaque perforée servent à disposer les tiges verticales en bambou, pour les dévier à des angles différents en utilisant une pente qui permet de former une structure conique, qui représente une unité d'encabanage radial (RM).

#### Tiges de bambou :

Les 53 tiges de bambou détachables (Fig. 2) sont les principaux éléments longitudinaux durs et non flexibles du RM et ces tiges, ainsi que l'espace qu'ils englobent agissent comme une base

d'ancrage pour accueillir les vers à soie mûrs afin qu'ils filent leurs cocons. Elles comprennent sur leur axe une bande en caoutchouc plate et sphérique à une extrémité pour les fixer sur la plaque perforée, leurs deux extrémités sont lisses et arrondies pour éviter que les personnes qui travaillent et les vers à soie ne se blessent pendant l'assemblage et l'utilisation. Cependant, le reste de la tige reste brut pour que le ver à soie qui file son cocon puisse s'agripper de manière optimale.

#### **Cône de déflexion :**

Le cône de déflexion (Fig. 3) est une structure semi-conique réalisée en plastique à haute densité et est conçu pour dévier tout le lot de tiges en bambou, afin que le RM prenne la forme et les dimensions anticipées. Il comporte une ouverture aux deux extrémités, la partie supérieure étant étroite et la partie inférieure ayant un plus grand diamètre, tandis que le diamètre du cône à la jonction avec le bord (le point d'assemblage du cône avec le bord) est intermédiaire. Le bord du cône comprend deux fentes en forme de L l'une en face de l'autre pour fixer le cône de déflexion sur la plaque perforée afin de le fermer et de l'ouvrir en le vissant respectivement dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

#### **Compartiment de distribution des tiges en bambou :**

Le compartiment de distribution des tiges de bambou (Fig. 4) est un outil simple conçu pour insérer les tiges en bambou dans les trous de la plaque perforée plus rapidement que manuellement un à un. Ce n'est pas une partie intégrante du RM, mais c'est seulement un outil pour rendre le processus d'assemblage plus facile et plus rapide, soit une minute. Ce compartiment cylindrique est réalisé en PVC et il comprend à une extrémité deux fentes en forme de L sur le bord l'une en face de l'autre, qui sont destinées à fixer la plaque perforée pendant que l'on insère les tiges de bambou.

### **ASSEMBLEMENT DE L'ENCABANAGE**

On prend la plaque perforée et on aligne les languettes du bord avec les fentes en forme de L du compartiment de distribution des tiges en bambou et on les ferme en vissant dans le sens des aiguilles d'une montre. On prend une poignée de tiges en bambou en orientant la partie avec les bandes en caoutchouc vers le haut et en les faisant tomber verticalement dans le compartiment de distribution de manière aléatoire pour les insérer dans les trous de la plaque perforée. On lève verticalement les tiges qui restent à une certaine hauteur dans le compartiment et on les fait à nouveau tomber et on répète ce processus, jusqu'à ce que toutes les tiges soient insérées dans toutes les perforations. Puis on détache la plaque perforée du compartiment en dévissant et en remplissant deux trous vacants manuellement s'il y en a et on la maintient horizontalement en utilisant deux doigts sur les languettes périphériques. Maintenant, il faut prendre le cône de déflexion et l'aligner sur la plaque perforée en sorte que toutes les extrémités des tiges en bambou tombent à l'intérieur du bord du cône. Puis on presse doucement le cône vers la plaque perforée et on aligne les languettes sur le côté avec les fentes en forme de L et on ferme en vissant précisément le cône dans le sens des aiguilles d'une montre. En procédant à cet alignement, les tiges en bambou se dévieront de leur position originale à des angles différents vers leurs directions périphériques respectives afin que tout l'assemblage prenne la forme d'une structure conique, qui représente un encabannage radial (Fig. 5). Le temps nécessaire pour assembler une unité RM avec la méthode ci-dessus est approximativement une minute. Par ailleurs, l'angle de déflexion pour chaque tige est prédéterminé par l'emplacement de la

perforation dans laquelle elle est insérée et la pente du cône utilisée pour l'alignement, de sorte que l'unité représente un lieu idéal pour que les vers à soie matures filent leurs cocons.

## PERIODE ET METHODE D'APPLICATION

Quand environ 25 à 30 % des larves de ver à soie atteignent leur maturité, on peut placer les RM sur la litière l'un après l'autre, en laissant un espace de cinq centimètres entre les encabanages. Environ 400 RM sont nécessaires pour recouvrir toute la litière de 100 pontes saines (Dfl). Le temps nécessaire pour assembler un encabanage radial est d'environ une minute et une personne peut assembler 60 encabanages par heure. On peut préparer et conserver le nombre nécessaire de ces unités à l'avance d'après la capacité d'élevage pour pouvoir organiser la montée le jour du filage avec moins de main d'œuvre, en fixant simplement le cône de déflexion pour monter le nombre de RM nécessaires. Les vers mûrs ramperont sur les encabanages avec le soutien des tiges en position verticale en raison de leur comportement géotropique négatif et fileront leurs cocons dans l'espace disponible entre les tiges en bambou (Fig. 6).

## RECOLTE DES COCONS

Il faut ramasser les cocons filés le quatrième jour après le filage pour les croisements et le cinquième jour pour les hybrides bivoltins. La méthode de récolte des cocons avec le RM est très simple, moins contraignante et ne demande pas beaucoup de main d'œuvre. Il faut séparer les encabanages (RM) de la litière des vers à soie et retirer doucement les tiges en bambou du RM de la plaque perforée une à une verticalement, de manière à libérer les cocons de l'autre côté dans une claie où on les recueille.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sur les paramètres qualitatifs du cocon avec les différents systèmes de montée et de filage (Tableau I) indiquent l'impact des systèmes utilisés sur la qualité des cocons du ver à soie. Parmi les quatre types d'encabanages évalués, l'encabanage rotatif présente une performance supérieure. Cependant, on enregistre la deuxième meilleure performance avec l'encabanage radial (RM) par rapport au chandrike en bambou traditionnel et aux encabanages en plastique traditionnels. Les paramètres importants sur le plan commercial comme le % de cocons tachés et défectueux, le taux de nymphose, le % de richesse soyeuse et le ratio longueur / largeur des cocons, qui décide du taux de coconnage est supérieur avec l'encabanage rotatif. On enregistre le pourcentage de bourre le plus faible, qui est aussi un paramètre majeur associé avec le système de montée et de filage, avec l'encabanage rotatif et le plus élevé avec l'encabanage en plastique, tandis que la performance du RM arrive après celle de l'encabanage rotatif, mais est meilleure que celles du chandrike en bambou et l'encabanage en plastique. Le pourcentage de bourre qui a un impact direct sur le poids de la coque, la richesse soyeuse et le taux de coconnage est supérieur avec l'encabanage rotatif, suivi par le RM, le chandrike en bambou et les encabanages en plastique.

Les autres données importantes concernant le profil du coût d'investissement des différents systèmes d'encabanage et de filage pour 100 pontes saines élevées (Tableau II) indiquent que le RM est avantageux sur le plan économique par rapport aux trois autres systèmes de montée et de filage, en ce qui concerne l'investissement, la durabilité et l'entretien. Bien que le nombre d'encabanages nécessaires soit plus élevé avec le RM, sa facilité d'entretien et son investissement inférieurs sont avantageux, tandis que sa durabilité est à égalité avec les autres

systèmes de filage, ce qui souligne leurs avantages et la raison de les préférer par rapport aux options disponibles.

Les informations essentielles concernant le besoin en espace et en main d'œuvre pour l'élevage de 100 pontes saines de ver à soie avec les différents systèmes de montée et de filage (Tableau III) montrent la supériorité du RM par rapport aux autres systèmes, suivi par les encabanages en plastique, le chandrike en bambou et les encabanages rotatifs. Le besoin en main d'œuvre et en espace pour le filage implique des dépenses et a un impact sur l'économie et sur la durabilité de la sériciculture et c'est donc la raison pour laquelle il vaut mieux que les sériciculteurs choisissent le nouveau RM comme système de filage.

La préférence d'utilisation de n'importe quel équipement séricicole dépend de sa convenance, de sa simplicité de fonctionnement, de sa durabilité et de manière plus importante du facteur coût. Jusqu'à présent, aucun dispositif de ce type n'avait été mis au point pour la montée des larves et pour le filage du cocon chez le ver à soie mûrier, *Bombyx mori*. Cependant, parmi les options qui existent, c'est le système le plus avantageux qui est choisi, malgré un compromis obligatoire pour au moins certaines des caractéristiques de fonctionnement / d'utilisation. Pour ces raisons, depuis des siècles le chandrike en bambou est devenu un des systèmes de filage les plus traditionnels et populaires dans la sériciculture indienne. Cependant, la libéralisation, la privatisation et la mondialisation (LPG) ont apporté des changements dans l'approche de l'agriculture indienne en général et de la sériciculture mûrier en particulier et les organisations comme la Swiss Development Corporation (SDC) et la Japan International Cooperation Agency (JICA) ont incité les sériciculteurs indiens à obéir à des normes internationales, ce qui a été rendu possible grâce à l'adoption de technologies et d'équipements améliorés. Ce faisant, l'utilisation d'encabanages rotatifs est devenue populaire dans la sériciculture indienne, malgré un investissement plus élevé, car des subventions ont été accordées. Cependant, les principales préoccupations du fermier séricicole indien sont le coût, l'investissement, la durabilité et de manière plus importante les contraintes en matière de main d'œuvre et de place pour le fonctionnement et c'est pour cette raison qu'ils ont préféré ce système de filage.

La durabilité économique de la sériciculture dépend du ratio coût – bénéfice et les fermiers sont donc attachés aux coûts des équipements et de la main d'œuvre et choisissent le meilleur parmi les options disponibles pour gagner les meilleurs revenus. Le coût d'un produit final lui dépend de la qualité du produit final, des paramètres commerciaux tels que les défauts, la longueur, la largeur, l'uniformité de la taille du cocon et le poids de la coque. Par ailleurs, le ratio coût – bénéfice et la facilité de fonctionnement dépendent de l'équipement et de la main d'œuvre et de manière plus importante, de l'espace nécessaire pendant l'utilisation des systèmes de montée et de filage. N'importe quel nouveau système de montée et de filage qui peut répondre à ces éléments de base, peut donc remplacer les options traditionnelles utilisées. Parmi les quatre systèmes évalués, le RM semble bénéfique pour de nombreux paramètres et peut gagner les préférences parmi les options qui existent en matière de systèmes de montée et de filage pour ver à soie mûrier.

### MERITES DU RM PAR RAPPORT AUX SYSTEMES UTILISES

Le RM est bien adapté même aux petits fermiers marginaux, en raison de son coût abordable, par comparaison au chandrike en bambou et à l'encabanage rotatif.

La durée de vie du RM est meilleure grâce au matériel utilisé pour sa fabrication, à sa procédure de manipulation, à sa facilité de transport et de stockage et parce qu'il peut être réparé par rapport aux autres systèmes de montée et de filage.

Le RM est complètement détachable et ses éléments occupent moins de 10 % de l'espace de stockage du chandrike en bambou.

Les éléments du RM pèsent moins que n'importe quel modèle d'encabanage disponible sur le terrain et il n'est donc pas nécessaire d'avoir une pièce de stockage séparée, puisqu'on peut les stocker dans des boîtes en carton.

On peut directement placer le RM sur les litières d'élevage et on n'a donc pas besoin d'un espace séparé pour la montée et le filage, comme avec les autres systèmes de montée.

On peut facilement démonter le RM et l'emballer dans des cartons pour faciliter son transport dans les transports publics comme bagage à main pour diminuer les dépenses de transport, ce qui est un avantage supplémentaire même pour le louer, comme le chandrike traditionnel en bambou.

Le processus d'assemblage du RM est très simple, car il nécessite seulement un système d'insertion de tiges et de réglage, qui nécessite moins d'une minute pour chaque RM.

Le RM est constitué d'éléments en plastique / en bambou détachables et non corrosifs de moins de 30cm de longueur que l'on peut désinfecter avec une solution désinfectante dans un seau, ce qui est facile, pratique, moins cher et très efficace.

Les éléments du RM sont réalisés en plastique de haute densité / en bambou et la réparation ou le remplacement de n'importe quelle partie abîmée peut se faire facilement et immédiatement sans affecter la capacité d'utilisation et la durabilité de l'équipement.

La procédure de montage du RM est simple et on peut assembler les 400 unités nécessaires pour 100 pontes saines en trois heures avec deux personnes et aucun autre système de montée ne peut économiser autant de main d'œuvre, avec une telle rapidité.

Le RM peut maintenir des caractères du cocon égaux à ceux obtenus avec le chandrike en bambou traditionnel en ce qui concerne le filage du cocon et sa dévidabilité, ses avantages supplémentaires sont la montée libre, l'absence de nécessité d'un espace séparé pour le filage et le stockage, son coût faible, sa facilité de transport et son fonctionnement simple.

## CONCLUSION

A l'heure actuelle, on a besoin de minimiser le besoin en main d'œuvre pour améliorer la viabilité des entreprises agricoles et c'est un défi majeur en particulier pour la croissance et l'avenir de la sériciculture indienne. Parmi les activités de la sériciculture mûrier, l'étape de filage du cocon est celle qui demande le plus de main d'œuvre et on la considère comme un facteur limitant principal, car elle est cruciale et assortie de délais. Malgré un vaste choix de modèles d'encabanages créés par différents Instituts de recherche dans les pays où on pratique la sériciculture, les chandrike en bambou ont continué à être les modèles dominants et n'ont pas été remplacés malgré certains de leurs inconvénients inhérents. Le chandrike en bambou traditionnel présente des inconvénients structurels : il nécessite un espace de montée et de stockage séparé, il n'est pas pratique à transporter et un inconvénient fonctionnel : il nécessite plus de main d'œuvre. On peut donc avoir recours à l'encabanage radial (RM) comme système pour la montée libre demandant moins de main d'œuvre, d'espace pour le stockage et le fonctionnement, et pesant moins lourd que n'importe quel autre système de filage des cocons actuellement disponible sur le terrain. Les avantages supplémentaires du RM sont sa facilité de transport, son faible investissement en capital, sa facilité de désinfection, son entretien simple et son potentiel de création de valeur qui le rend intéressant pour une exploitation sur le terrain à grande échelle.

## IMPACT OF MOUNTING METHODS ON COCOON QUALITY AND REELING PARAMETERS OF MULBERRY SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

G. B. SINGH\*, K. S. CHANDRAKANTH & S.M. H. QADARI

Central Sericultural Research & Training Institute, Central Silk Board, Ministry of Textile, Govt. of India, Srirampura Mysore – 570008 Karnataka, India .

Tel: +91- 821- 2362802 ; e mail [sgbcsrti@rediffmail.com](mailto:sgbcsrti@rediffmail.com)

*Production of quality cocoons mainly depends upon the seasons and mounting care of mature silkworm. Allowing natural mounting of silkworm, leads to deterioration of all commercial reeling parameters in all the seasons in general and rainy in particular. Picking of mature silkworm is best method of mounting in all the seasons. It requires more labour and time for mounting. Use of net allows worm to crawl into plastic collapsible mountages through net and tying the net leaving gap between rearing bed and mountages leads to significant improvement in reeling characters.*

**Keywords:** *Bombyx mori* L., Plastic collapsible mountages, Natural mounting, Pick up mounting.

### INTRODUCTION

Mounting gives a good effect upon quality of cocoons and any negligence at this stage is bound to cost the rearer heavily (Singh & Kamble 1997). Kim (1988) explained in detail the combined effect of temperature and humidity on cocoon spinning. High temperatures in summer months result in poor reelability and renditta becomes too high and melting percentage increases. This is the main reason for occurrence of defective cocoons during summer and rainy seasons.

Singh *et al.*, (1994) observed that bottle brush mountages have merits, because of which not only the individual cocoon characters but also all the reeling parameters are improved significantly. Singh *et al.*, (2000) revealed that rotary mountage is the best mountage because it produces uniform shape and size, less defective and double cocoons, higher reelability and high grade raw silk compared to other mountages. However, in India most of the farmers are using plastic collapsible mountages or bamboo mountages called Chandrike for mounting of silkworms. A study was made to observe the deterioration of reeling parameters due to self mounting in different seasons and an attempt was made to suggest an alternate method for mounting.

### MATERIALS AND METHODS

The study was carried out by rearing of most popular bivoltine hybrid i.e. CSR 2 × CSR 4 as per the method described by the Kawakami, 2007. Spinning larvae were divided into three groups

\* To whom correspondence should be addressed.

(Three thousand larvae in each group). First group larvae (T1) were hand picked and mounted in plastic collapsible mountage @ 300 larvae / mountage. In second group (T2) plastic collapsible mountages were spread (after onset of spinning) on rearing bed and worms were allowed to crawl into mountages and to spin their cocoons. In third group (T3) a loose nylon net of 150 × 180 cm size with square mesh of 20 mm spread on rearing bed. Plastic collapsible mountages were spread over the nylon net and worms were allowed to crawl into mountages through net. After 12-14 hours nylon net lifted from all four sides and tied with upper tier of shoot rack leaving a gap of 10 cm between rearing bed and mountages. Ideal condition was maintained during spinning. Cocoons were harvested on 5<sup>th</sup> day during summer and winter and 6<sup>th</sup> day during rainy. Harvested cocoons were subjected for cocoon assessment. Three kg cocoons / replication were sent for reeling test. Experiment was repeated thrice in year during summer (March- April), winter (Dec. – Jan) and rainy (June- July). Data was recorded and computed for statistical analysis.

## RESULTS AND DISCUSSION

Season wise maximum , minimum and average temperature and humidity data are presented in Table I. Accordingly, maximum 34°C temperature was recorded during summer and minimum 26° during winter. Obviously, 79 % maximum and 42 % minimum relative humidity were observed during rainy and summer respectively. Data shows that natural mounting needs only 4 men hours to mount all the matured worms while picking of mature larvae and mount it needs 24 men hours and netting methods required 8 men hours (Table II ).

**Table I. Maximum, minimum and average temperature and humidity during different seasons.**

*Tableau I. Température et humidité maximum, minimum et moyenne pendant les différentes saisons.*

| Season                    | Temperature ° C |         |         | Relative Humidity %   |         |         |
|---------------------------|-----------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|
|                           | Maximum         | Minimum | Average | Maximum               | Minimum | Average |
| Saison                    | Température ° C |         |         | Humidité relative (%) |         |         |
|                           | Maximum         | Minimum | Moyenne | Maximum               | Minimum | Moyenne |
| Summer / Eté              | 34              | 26      | 30.0    | 51                    | 34      | 42.5    |
| Winter / Hiver            | 26              | 15      | 20.0    | 54                    | 38      | 46.0    |
| Rainy / Saison des pluies | 30              | 24      | 27.5    | 88                    | 70      | 79      |

Season wise detailed results are presented in Tables III & IV.

### Summer:

During summer maximum shell % of 22.67 % was obtained from T1 followed by T3 (22.52) and T2 (22.09). Average filament length (AFL) was 930, 882 and 900 m in T1, T2 and T3 respectively. AFL was significantly less in T2.

Non breakable filament length (NBFL) also recorded significantly high in T1 Non breakable filament length (NBFL) was also recorded significantly high in T1 ( 810 m ). Denier was almost around 2.7 in all treatments and no significant difference was noticed. Reelability (%) was significantly affected by the method of mounting and it was 84, 78 and 81 in T1, T2 and T3 respectively. Renditta was about 6 in all three treatments. Raw silk % and its recovery were 17.2, 79.18 ; 17.1, 78.2 and 17, 78.59 in T1, T2 and T3 respectively. Neatness was 93, 91 and 92 point at the index of 100 point in T1, T2 and T3. Percent of un pupated worms was significantly affected by mounting method ( 4 to 8 % ) however, no significant difference was observed in defective cocoons and floss per cent .

#### Winter:

During winter, almost all the parameters were improved. Shell % was significantly high in T1 - 23.72 and 22.01 and 23.81 in T2 and T3 respectively. Average filament length and non breakable filament length shown similar trend and were recorded significantly higher in T1 (1100 m, 900 m ) and minimum in T2 (950 m, 850 m). No significant difference was noticed in Renditta, Raw silk %, Raw silk recovery %, defective cocoon percentage due to different treatments. However percentage of un pupated larvae is significantly high (18 %) in T2.

#### Rainy:

During rainy season almost all the reeling parameters affected adversely. Shell % significantly low in T2 (20.25) compared to T1 (22.10). Treatment wise significantly higher AFL (m) was recorded from T1 (900) compared to T2 (735). Similarly, NBFL was lowest in T2 (700) and significantly high in T1 (810) Reelability % was affected up to a great extent by different method of mounting. It goes significantly below up to 70 % in T2 and record highest 86 % in T1. Accordingly, renditta crossed significantly higher i.e. 7 in T2 and 6.16 and 6.74 in T1 and T3 respectively. Neatness point was 89, 84 and 88 in T1, T2 and T3 respectively. After harvesting of cocoons percentages of un pupated cocoons were observed and recorded. It was significantly high (34 %) in T2, while in T1 and T3 it was 17 & 19 % respectively. Occurrence of Percentage of defective cocoons was significantly high i.e. 15 in T2. However when the mounting was conducted by netting and pick up method, the difference is non significant (8,7 %). Computed season wise data showed that all the reeling parameters are deteriorated during rainy season in all the treatments.

**Table II. Men hours required to mount 40, 000 mature worms by different mounting methods.**

*Tableau II. Nombre d'heures de travail nécessaires pour faire monter 40 000 vers mûrs avec différentes méthodes de montage.*

| Mounting method                                             | Man hours required                            |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Méthode de montée</i>                                    | <i>Nombre d'heures de travail nécessaires</i> |
| Pick up (T1)                                                | 24                                            |
| Natural mounting (T2) / <i>Montée naturelle</i>             | 4                                             |
| Netting method (T3) / <i>Méthode de pose de filets (T3)</i> | 8                                             |

Table III. Impact of different mounting methods on cocoon characters and reeling performance during different seasons.

*Tableau III. Impact des différentes méthodes de montée sur les caractères du cocon et sur la performance de dévidage pendant les différentes saisons.*

| Treatment                        | Un-pupated larvae (%)             | Cocoon wt. (g)            | Shell wt. (g)                | Shell %                     | AFL (m) | NBFL (m) | Denier       | Reelability %           | Renditta                      | Raw silk %       | Raw silk recovery %               | Neatness (P)       | Defective cocoons %           | Floss %           |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------|----------|--------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| <i>Traitement</i>                | <i>% de larves non nymphosées</i> | <i>Poids du cocon (g)</i> | <i>Poids de la coque (g)</i> | <i>Richesse soyeuse (%)</i> |         |          | <i>Titre</i> | <i>Dévidabilité (%)</i> | <i>Rendement à la bassine</i> | <i>% de soie</i> | <i>% de rentrée de soie grège</i> | <i>Netteté (P)</i> | <i>% de cocons défectueux</i> | <i>% de blaze</i> |
| <b>Summer / Eté</b>              |                                   |                           |                              |                             |         |          |              |                         |                               |                  |                                   |                    |                               |                   |
| T1                               | 4                                 | 1.54                      | 0.35                         | 22.67                       | 930     | 810      | 2.69         | 84                      | 5.99                          | 17.2             | 79.18                             | 93                 | 6                             | 3.45              |
| T2                               | 8                                 | 1.49                      | 0.33                         | 22.09                       | 882     | 792      | 2.68         | 78                      | 5.87                          | 17.1             | 78.20                             | 91                 | 7                             | 3.98              |
| T3                               | 06                                | 1.51                      | 0.34                         | 22.52                       | 900     | 802      | 2.70         | 81                      | 6.00                          | 17.0             | 78.59                             | 92                 | 6                             | 4.01              |
| CD @ 5 %                         | 1.87                              | NS                        | NS                           | NS                          | 28      | 6.89     | NS           | 3.87                    | NS                            | NS               | NS                                | NS                 | NS                            | NS                |
| <b>Winter / Hiver</b>            |                                   |                           |                              |                             |         |          |              |                         |                               |                  |                                   |                    |                               |                   |
| T1                               | 4                                 | 1.57                      | 0.37                         | 23.72                       | 1100    | 900      | 2.87         | 89                      | 5.64                          | 17.9             | 79.89                             | 94                 | 4                             | 3.0               |
| T2                               | 18                                | 1.59                      | 0.35                         | 22.01                       | 950     | 850      | 2.88         | 80                      | 5.94                          | 16.4             | 78.89                             | 93                 | 5                             | 2.9               |
| T3                               | 08                                | 1.55                      | 0.37                         | 23.81                       | 1010    | 898      | 2.85         | 84                      | 5.67                          | 17.8             | 79.16                             | 93                 | 3                             | 4.5               |
| CD @ 5 %                         | 3.98                              | NS                        | 0.01                         | 0.41                        | 80      | 37       | NS           | 1.39                    | NS                            | NS               | NS                                | NS                 | NS                            | NS                |
| <b>Rainy / Saison des pluies</b> |                                   |                           |                              |                             |         |          |              |                         |                               |                  |                                   |                    |                               |                   |
| T1                               | 17                                | 1.54                      | 0.34                         | 22.1                        | 900     | 810      | 2.66         | 86                      | 6.16                          | 16.3             | 74.97                             | 89                 | 7                             | 5.01              |
| T2                               | 30                                | 1.58                      | 0.32                         | 20.25                       | 735     | 700      | 2.61         | 70                      | 7.1                           | 14.8             | 64.23                             | 84                 | 15                            | 7.98              |
| T3                               | 19                                | 1.52                      | 0.33                         | 21.68                       | 889     | 795      | 2.64         | 80                      | 6.74                          | 16.1             | 72.19                             | 88                 | 08                            | 5.32              |
| CD @ 5 %                         | 3.36                              | NS                        | NS                           | 0.87                        | 94      | 81       | NS           | 5.87                    | 0.12                          | 1.1              | NS                                | NS                 | NS                            |                   |

Table IV. Impact of different season on cocoon characters and reeling performance.

Tableau V. Impact des différentes saisons sur les caractères du cocon et la performance de dévidage.

| Seasons                    | Un-pupated larvae (%)      | Cocoon wt. (g)     | Shell wt. (g)         | Shell %              | AFL (m) | NBFL (m) | Denier | Reelability %    | Renditta               | Raw silk % | Raw silk recovery %        | Neatness (P) | Defective cocoons %    | Floss %    |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------|----------|--------|------------------|------------------------|------------|----------------------------|--------------|------------------------|------------|
| Saisons                    | % de larves non nymphosées | Poids du cocon (g) | Poids de la coque (g) | Richesse soyeuse (%) |         |          | Titre  | Dévidabilité (%) | Rendement à la bassine | % de soie  | % de rentrée de soie grège | Netteté (P)  | % de cocons defectueux | % de blaze |
| Summer / Eté               | 6                          | 1.51               | 0.34                  | 22.43                | 904     | 801      | 2.69   | 81               | 5.95                   | 17.1       | 78.66                      | 92           | 6                      | 3.81       |
| Winter / Hiver             | 10                         | 1.57               | 0.36                  | 23.17                | 1020    | 883      | 2.87   | 84               | 5.75                   | 17.4       | 79.31                      | 93           | 4                      | 3.47       |
| Rainy<br>Saison des pluies | 22                         | 1.55               | 0.33                  | 21.33                | 841     | 768      | 2.64   | 78               | 6.67                   | 15.7       | 70.46                      | 87           | 10                     | 6.10       |
| CD @ 5%                    | 3.87                       | NS                 | 0.011                 | NS                   | 68.13   | 21       | ns     | 2.34             | 0.12                   | 0.41       | 4.11                       | 2.17         | 1.75                   | 0.87       |

Table V. Impact of different mounting methods on cocoon characters and reeling performance.

Tableau V. Impact des différentes méthodes de montée sur les caractères du cocon et la performance de dévidage.

| Treatment                  | Un-pupated larvae (%)      | Cocoon wt. (g)     | Shell wt. (g)         | Shell %              | AFL (m) | NBFL (m) | Denier | Reelability %    | Renditta               | Raw silk % | Raw silk recovery %        | Neatness (P) | Defective cocoons %    | Floss %    |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------|----------|--------|------------------|------------------------|------------|----------------------------|--------------|------------------------|------------|
| Traitement                 | % de larves non nymphosées | Poids du cocon (g) | Poids de la coque (g) | Richesse soyeuse (%) |         |          | Titre  | Dévidabilité (%) | Rendement à la bassine | % de soie  | % de rentrée de soie grège | Netteté (P)  | % de cocons défectueux | % de blaze |
| T1- Pick up                | 8.67                       | 1.55               | 0.35                  | 22.83                | 977     | 840      | 2.74   | 86.3             | 5.93                   | 17.2       | 78.01                      | 92           | 6                      | 3.82       |
| <i>T1 Collecte</i>         |                            |                    |                       |                      |         |          |        |                  |                        |            |                            |              |                        |            |
| T2- Natural                | 18.7                       | 1.55               | 0.33                  | 21.45                | 856     | 781      | 2.72   | 76.0             | 6.30                   | 16.1       | 73.77                      | 89           | 9                      | 4.95       |
| <i>T2 - Naturel</i>        |                            |                    |                       |                      |         |          |        |                  |                        |            |                            |              |                        |            |
| T3- Netting                | 11.0                       | 1.53               | 0.35                  | 22.67                | 933     | 832      | 2.73   | 81.7             | 6.14                   | 17.1       | 76.65                      | 91           | 6                      | 4.61       |
| <i>T3 - Pose de filets</i> |                            |                    |                       |                      |         |          |        |                  |                        |            |                            |              |                        |            |
| CD @ 5 %                   | 1.15                       | NS                 | NS                    | 0.17                 | 57      | 18       | NS     | 3.87             | 0.24                   | 0.089      | 2.47                       | 1.11         | 1.49                   | NS         |

### Mounting methods:

Different mounting methods detailed are presented in Table V.

The pick up mounting method reordered significantly better reeling results followed by netting method. When the worms were kept on rearing bed for self/natural mounting almost all the reeling parameters get deteriorated.

Natural mounting (T2) leads to significant deterioration (856 m) in average filament length compared to T1 & T3. Reelability percentage significantly affected by natural mounting method (76 %) compared to pick up (86 %). Neatness point was 92, 89 and 91 in T1, T2 & T3 respectively. Percentage of un pupated cocoon was 18.7 in T2 which is significantly high compared to T1 (8.67). Occurrence of defective cocoons was 9 % in T2 while it was 6 % in T1 & T3. Percentage of un pupated larvae is significantly high (18.7 %) in T2 compared to T1 (8.67 %) and T3 (11.0 %).

Most of the farmers prefer natural mounting because it is not only labour saving but needs only 1/6<sup>th</sup> of mounting time compared to pick up method of mounting. Improvement in the spinning environment and type of mountages used have direct bearing on the yield of cocoons, especially upon the reelability and quality of raw silk (Tanaka, 1964). This observation is in conformity with the present study also, wherein all the reeling parameters improved significantly during winter in picked up method of mounting. Similarly, when larvae were allowed to spin naturally during rainy season all the parameters deteriorated significantly.

Ueda. (1985) suggested that lot of biotic and abiotic stimuli affect the spinning condition of the silkworm *Bombyx mori*. Synthesis of silk is a physio-biochemical reaction and like all other chemical reactions cocoon spinning is also highly influenced by temperature and humidity (Tanaka, 1964). This is the reason because of which seasonal impact on spinning and reeling was observed.

According, to Anonymous (1972) as high humidity lowers the reelability of cocoons, to avoid high humidity ventilation is advisable. Higher temperature enhances the velocity in extruding silk and vice-versa. The reelability is lower when silkworms are reared under the conditions of high temperature and humidity, or rapid temperature changes (Ueda, 1985).

When humidity is more than 70 % during spinning, the silk protein is dropped in lumps and do not dry up quickly (Naik *et al.*, 2003). The present study is also in agreement with the finding and this is the reason natural mounting during rainy season has greater influence on silkworm spinning.

The air current should be within 0.15 to 0.2 m/second in the mounting hall. Experiments have shown that 50% reelability can be decreased, if there is no proper ventilation or no air current inside the mounting hall (Masanori and Yatro, 1972). When the velocity of air current in mounting hall becomes quicker ranging from 0 to 2.5 m/sec is improved the reeling characters significantly (Katsumata, 1975; Li Thi Kin, 1989). In present study also when mountages are placed on rearing bed and there is almost no air current or very less air current leads to deterioration of all reeling parameters. Contrary to this when net was used and gaps were provided between the rearing bed and mountages and allow the air flows, all reeling parameters improved. However, when natural mounting clubbed with rainy season (high humid condition) it is more detrimental compared to summer and winter season having low humidity. Same result was observed by Wu, 1976, it is believed that humidity and air flow during spinning have the maximum impact on reeling performance of cocoons more than temperature during mounting.

## ACKNOWLEDGMENT

The study had been assisted by the staff of Rearing Technology & Innovation ( RTI ) and Technology Validation & Demonstration Center ( TVDC ) lab of CSRTI, Mysore.

## REFERENCES

- ANONYMOUS (1972) Handbook of Silkworm Rearing: Agricultural Technical Manual. Fuji Pub. Co. Ltd., Japan.
- KATSUMATA, F. (1975) Silkworm mounting. In: textbook of tropical Sericulture, 3<sup>rd</sup> Edition, Japan Overseas Co-operation Volunteers, Tokyo Japan, 503-511.
- KAWAKAMI K. (2007) Illustrated working process of new bivoltine silkworm rearing technology. Jointly published by Japan International Co operation Agency and Central Sericultural Research and Training Institute, Central silk Board, Mysore India.
- KIM L.T (1988) Effect of temperature and humidity on the silkworm at the spinning stage on the reelability of the yarn International Congress on Tropical Sericulture Practices. Bangalore. India, 8-23.
- LE THI KIN (1989) Effect of temperature and humidity on spinning of cocoon and its reelability. Indian Silk.(12), 46-47.
- MASANORI, S. AND YATRO, T. (1972) Hand book of silkworm rearing. Fuji publication Co Ltd. Japan, 111-142.
- NAIK S.V AND SOMASHEKAR, T.H (2003) Pressurised cooking multivoltine cocoons-influence of cocoon cooking parameters on reeling characteristics and quality of raw silk. Abstract in National Conference on Tropical Sericulture for Global Competitiveness 5-7 November , 127.
- SATORU UEDA (1985) Effects of Silkworm rearing and mounting conditions on cocoon reelability .JARQ , 19 (2) , 132-135.
- SINGH G.B., RAJAN R.K , INOKUCHI, T, HIMANTHRAJ M.T AND MEENAL A. (1994) Studies on the use of plastic bottle brush mountages for silkworm mounting and its effect on cocoon characters and reelability. Indian J.Seric. 33(1), 405-408.
- SINGH, G.B. AND KAMBLE, C. K. (1997) A review of silkworm spinning. Bull. Sericult. Res. (8), 71-75.
- TANAKA Y (1964) Sericology. Translated and published by Central Silk Board , Bombay India, 126-130

## IMPACT DES METHODES D'ENCABANAGE SUR LA QUALITE DU COCON ET LES PARAMETRES DE DEVIDAGE DU VER A SOIE MURIER *BOMBYX MORI* L.

G. B. SINGH\*, K. S. CHANDRAKANTH & S. M. H. QADARI

Central Sericultural Research & Training Institute, Central Silk Board, Ministry of Textile,  
Govt. of India, Srirampura, Mysore, - 570 008, Karnataka, Inde.

Tel: +91-821-236802; email sgbsrti@rediffmail.com

*La production de cocons de qualité dépend principalement des saisons et de l'attention accordée à la montée des vers mûrs. La montée naturelle du ver à soie entraîne la détérioration de tous les paramètres commerciaux de dévidage pendant toutes les saisons en général et pendant la saison des pluies en particulier. Le ramassage des vers à soie est la meilleure méthode de montée pendant toutes les saisons. Cela nécessite plus de main d'œuvre et de temps pour la montée. L'utilisation de filets permet au ver de ramper vers des encabanages pliants en plastique en passant par le filet et lorsqu'on attache le filet et qu'on laisse un espace entre la litière et les encabanages, cela entraîne une amélioration significative des caractères de dévidage.*

### INTRODUCTION

La montée a une influence sur la qualité des cocons et n'importe quelle négligence à ce stade coûtera forcément cher à l'éleveur (Singh et Kamble, 1997). Kim (1988) a expliqué en détail l'effet combiné de la température et de l'humidité sur le filage du cocon. Les températures élevées pendant les mois d'été entraînent une mauvaise dévidabilité, le rendement à la bassine devient trop mauvais et le pourcentage de cocons tachés augmente. C'est la principale raison par rapport à la présence de cocons défectueux pendant les saisons de l'été et des pluies.

Singh et coll., (1994) ont observé que les encabanages goupillons ont des mérites parce que non seulement les caractères individuels du cocon, mais aussi tous les paramètres de dévidage sont améliorés de manière significative. Singh et coll., (2000) ont révélé que l'encabanage rotatif est le meilleur encabanage parce qu'il donne des cocons dont la forme et la taille sont uniformes, moins de cocons défectueux et de cocons doubles, une dévidabilité plus élevée et une soie grège de qualité élevée par comparaison aux autres encabanages. Cependant, en Inde, la plupart des fermiers utilisent des encabanages pliants en plastique ou des encabanages en bambou appelés Chandrike pour la montée des vers à soie. Une étude a

---

\* Auteur auquel adresser la correspondance.

été réalisée pour observer la détérioration des paramètres de dévidage à cause de la montée libre pendant les différentes saisons et on a essayé de suggérer une méthode alternative pour la montée.

## MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée en élevant l'hybride bivoltin le plus populaire c'est-à-dire CSR2 × CSR4 d'après la méthode décrite par Kawakami, 2007. On divise les larves qui filent en trois groupes (trois mille larves dans chaque groupe). On recueille à la main les larves du 1<sup>er</sup> groupe (T1) et on les fait monter sur un encabanage pliant en plastique à raison de 300 larves / encabanage. Dans le deuxième groupe (T2) on dispose des encabanages en plastique (après le début du filage) sur la litière et on laisse les vers ramper sur les encabanages et filer leurs cocons. Dans le troisième groupe (T3) on étale un filet libre en nylon de 150 × 180 cm de taille avec une maille de 20 mm sur la litière. On dispose des encabanages pliants en plastique sur le filet en nylon et on laisse les vers ramper vers les encabanages par le filet. Au bout de 12 à 14 heures, on lève le filet en nylon sur les quatre côtés et on l'attache avec l'étage supérieur du casier contenant les rameaux en laissant un espace de 10 cm entre la litière et les encabanages. On maintient les conditions idéales pendant le filage. On recueille les cocons le 5<sup>ème</sup> jour pendant l'été et l'hiver et le 6<sup>ème</sup> jour pendant la saison des pluies. On évalue les cocons recueillis. On procède à un test de dévidage pour trois kg de cocons / répétition. On répète l'expérience trois fois par an pendant l'été (mars-avril), l'hiver (Déc-janv.) et la saison des pluies (juin – juillet). On enregistre les données et on les analyse statistiquement.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sur la température et l'humidité maximum, minimum et moyenne en fonction des saisons sont présentées dans le Tableau I. Logiquement, on enregistre la température maximum de 34° C en été et la température minimum de 26° C en hiver. Evidemment, on observe l'humidité relative maximum de 79 % et minimum de 42 % pendant respectivement la saison des pluies et l'été. Les données montrent que la montée naturelle ne nécessite que 4 heures de main d'œuvre pour faire monter tous les vers mûrs, tandis que le recueil des larves mûres et l'organisation de leur montée nécessitent 24 heures de main d'œuvre et la méthode des filets 8 heures de main d'œuvre (Tableau II).

Les résultats détaillés en fonction des saisons sont présentés dans les Tableaux III et IV.

### Été :

Pendant l'été, on obtient la richesse soyeuse maximum de 22,67 % avec T1, suivi par T3 (22,52) et T2 (22,09). La longueur moyenne du filament (AFL) est de 930, 882 et 900 m chez respectivement T1, T2 et T3. L'AFL est significativement moins élevée avec T2. On enregistre aussi une longueur du filament sans rupture (NBFL) significativement élevée avec T1 (810 m). Le titre est presque autour de 2,7 pour tous les traitements et on n'enregistre pas de différence significative. La dévidabilité (%) est affectée de manière significative par la méthode de montée et elle est de 84, 78, et 81 avec respectivement T1, T2 et T3. Le rendement à la bassine est d'environ 6 chez les trois traitements. Le % et la rentrée de soie grège sont respectivement de 17,2 ; 79,18 ; 17,1 ; 78,2 et 17 ; 78,59 avec T1, T2 et T3. La netteté est de 93, 91 et 92 points avec l'indice de 100 points chez T1, T2 et T3. Le pourcentage de vers ne s'étant pas transformés en nymphes est affecté de manière significative par la méthode de montée (4 à 8 %), cependant

on n'observe pas de différence significative par rapport aux cocons défectueux et au pourcentage de bourre.

### Hiver :

Pendant l'hiver, presque tous les paramètres s'améliorent. Le % de richesse soyeuse est significativement élevé avec T1 23,72 et respectivement 22,01 et 23,81 avec T2 et T3. La longueur moyenne du filament et la longueur du filament sans rupture présentent une tendance similaire et on constate qu'ils sont significativement plus élevés avec T1 (1100 m, 900 m) et minimums avec T2 (950 m, 850 m). On ne remarque pas de différence significative pour le rendement à la bassine, le % de soie grège, le % de rentrée de soie grège, le pourcentage de cocons défectueux, sous l'effet des différents traitements. Cependant, le % de larves ne s'étant pas transformées en chrysalides est significativement élevé (18 %) avec T2.

### Saison des pluies :

Pendant la saison des pluies, presque tous les paramètres de dévidage sont affectés de manière négative. La richesse soyeuse est significativement basse avec T2 (20,25) par comparaison à T1 (22,10). En ce qui concerne les traitements, on enregistre un AFL (m) significativement plus mauvais avec T1 (900) par comparaison à T2 (735). De même, le NBFL est plus faible avec T2 (700) et significativement élevé avec T1 (810). Le % de dévidabilité est fortement affecté par les différentes méthodes de montée. Il passe significativement en dessous de 70 % avec T2 et enregistre le score le plus élevé de 86 % avec T1. Sans surprise, le rendement à la bassine est significativement plus élevé, c'est-à-dire 7 avec T2 et respectivement 6,16 et 6,74 avec T1 et T3. Le point de netteté est respectivement de 89, 84 et 88 avec T1, T2 et T3. Après le recueil des cocons, on observe et on enregistre les % de cocons n'ayant pas formé de chrysalides. Ils est significativement élevé (34 %) chez T2, tandis qu'avec T1 et T3, il est respectivement de 17 et 19 %. Le pourcentage de cocons défectueux est significativement élevé, c'est-à-dire 15 avec T2. Cependant, quand on procède à la montée avec un filet et avec la méthode par ramassage, la différence n'est pas significative (8,7 %).

### Méthodes de montée :

Les différentes méthodes de montée sont présentées dans le Tableau V.

La méthode de montée par ramassage enregistre significativement les meilleurs résultats de dévidage, suivie par la méthode de pose de filets. Quand on conserve les vers sur la litière pour la montée libre / naturelle, presque tous les paramètres se détériorent.

La montée naturelle (T2) entraîne une détérioration significative (856 m) de la longueur moyenne du filament par comparaison à T1 et T3. Le % de dévidabilité est significativement affecté par la méthode de montée naturelle (76 %), par comparaison à la méthode de ramassage (86 %). Le point de netteté est de respectivement 92, 89 et 91 avec T1, T2 et T3. Le % de cocons qui n'ont pas formé de chrysalides est de 18,7 avec T2, ce qui est significativement élevé par comparaison à T1 (8,67). La présence de cocons défectueux est de 9 % avec T2, tandis qu'elle est de 6 % avec T1 & T3. Le % de larves qui n'ont pas formé de larves est significativement élevé (18,7 %) avec T2 par comparaison à T1 (8,67 %) et T3 (11 %).

La plupart des fermiers préfèrent la montée naturelle parce qu'elle économise non seulement de la main d'œuvre, mais nécessite seulement 1 / 6<sup>ème</sup> du temps de montée, par comparaison à la méthode de montée par ramassage. L'amélioration de l'environnement de filage et du type d'encabanages utilisés a un impact direct sur le rendement en cocons, surtout sur la dévidabilité

et la qualité de la soie grège (Tanaka, 1964). Cette observation est aussi en accord avec notre étude, dans laquelle tous les paramètres de dévidage sont significativement meilleurs pendant l'hiver avec la méthode de montée par ramassage. De même, quand on laisse les larves filer naturellement pendant la saison des pluies tous les paramètres se détériorent de manière significative.

Ueda (1985) a suggéré que de nombreux stimuli biotiques et abiotiques ont un effet sur le filage du ver à soie *Bombyx mori*. La synthèse de la soie est une réaction physio-biochimique et comme toutes les autres réactions chimiques, le filage du cocon est aussi très influencé par la température et l'humidité (Tanaka, 1964). C'est la raison pour laquelle on a observé un impact saisonnier sur le filage et sur le dévidage.

Selon un Anonyme (1972), comme l'humidité élevée baisse la dévidabilité des cocons, pour éviter l'humidité élevée, la ventilation est conseillée. Une température plus élevée augmente la rapidité à extruder la soie et inversement. La dévidabilité est plus faible quand on élève les vers à soie dans des conditions de température et d'humidité élevées ou de changements rapides de température (Ueda, 1985).

Quand l'humidité est de plus de 70 % pendant le filage, la protéine de soie est déposée en morceaux et elle ne sèche pas rapidement (Naik et coll., 2003). Notre étude est aussi en accord avec cette observation et c'est la raison pour laquelle la montée naturelle pendant la saison des pluies a une influence plus grande sur le filage du ver à soie.

Le courant d'air doit être compris entre 0,15 et 0,2 m / seconde dans la pièce de montée. Les expériences ont montré qu'on peut diminuer 50 % de la dévidabilité, s'il n'y a pas de ventilation correcte ou pas de courant d'air dans la pièce de montée (Masanori et Yatro, 1972). Quand la vitesse du courant d'air dans la pièce de montée devient plus rapide et est comprise entre 0 et 2,5 m / sec., cela améliore significativement les caractères de dévidage (Katsumata, 1975 ; Li Thi Kin, ; 1989). Dans cette étude aussi, quand on place les encabanages sur la litière et qu'il n'y a presque pas de courant d'air ou beaucoup moins de courant d'air, cela entraîne la détérioration de tous les paramètres de dévidage. Contrairement à cela, quand on utilise un filet et qu'on laisse des espaces entre la litière et les encabanages et qu'on laisse l'air circuler, tous les paramètres de dévidage s'améliorent. Cependant, quand la montée naturelle est associée avec la saison des pluies (conditions d'humidité élevée), elle est plus néfaste par comparaison à l'été et à l'hiver pendant lesquels l'humidité est plus faible. Le même résultat a été observé par Wu, 1976, on pense que l'humidité et le courant d'air pendant le filage ont l'impact maximum sur la performance de dévidage des cocons, plus que la température pendant la montée.

## TNAU MULBERRY SAPLING PRODUCTION TECHNOLOGY

R. KRISHNAN, M. MUTHUSWAMI & P. MOHANRAJ

Department of Sericulture, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore – 641 003, India

*There is a scarce availability of mulberry shoot material for sapling production owing to shoot rearing of silkworm. Besides, farmers' knowledge of scientific production of mulberry sapling is not adequate leading to poor establishment of sapling. In view of these facts, a series of experiments have been conducted on soil management, critical period for weed competition, management of weeds, disease management and treatment to cuttings with bio-agents to enhance sprouting and rooting. Based on the results of three years experiment, "TNAU mulberry sapling production technology" was developed. The main components of the technology include addition of organic manure (20 t/ha), mulching with organics for 5 cm height immediately after planting for weed management, incorporation of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* (each 2.5 kg/ha) and dipping the cuttings in *Azospirillum* solution for 30 minutes before planting.*

*This improved sapling production technology resulted in enhancement of sprouting by 46 -57 percent, shoot dry weight by 11.08 g, leaf dry weight by 6.04 g, root number by 7.77 and root length by 18.17cm compared to conventional technology.*

**Keywords:** mulberry nursery, weed competition, sprouting, soil management

### INTRODUCTION

Silkworm is a monophagous insect and hence the productivity of cocoon depends on the availability of quality mulberry leaves. Increasing the production of mulberry leaves is achieved through evolving new high yielding varieties. But the spread of newer varieties to large farm holdings again depends on the availability and quality of the saplings produced. Traditionally, mulberry plantation is raised by planting the stem cuttings directly in the field. Due to variation in abiotic factors such as rainfall, soil, fluctuations in temperature, weeds, etc. and non-adoption of recommended planting practices by farmers, the initial establishment of the mulberry garden is very poor leading to large number of gaps in the fields which results in low productivity of mulberry. Also this method requires large quantity of cuttings, 150 to 200 per cent more, per unit area.

Moreover, due to change in the practice of silkworm rearing from leaf rearing to shoot harvest, availability of shoots as planting material with required maturity became scarce. This necessitates following the scientific methods of raising mulberry nursery. The main factors that are to be addressed for a successful nursery production are soil management, weed competition and soil borne disease management. The occurrence and severity of a particular disease are greatly influenced by method of cultivation, intercultural operations, soil conditions and

environmental factors like temperature, humidity and rainfall (Philip *et al.*, 1994). Keeping these facts in mind the present study was taken up.

## MATERIALS AND METHODS

Series of experiments were conducted for a period of three years from 2006 to 2008 on soil management, critical period for weed competition, weed management and disease management in the exclusive mulberry nursery area at the Department of Sericulture, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India. The experiments were conducted with the mulberry variety V 1. For all the experiments, cuttings were taken from the established mulberry garden with shoots having a maturity of about six months.

The experiment on soil management was conducted with the treatments *viz.*, application of FYM @ 20 t/ha, vermicompost @ 5 t/ha, goat manure @ 4 t/ha, composted coir pith @ 12.5 t/ha, neem cake @ 2 t/ha along with control (no application of organic manure).

The experiment on critical period for weed management comprises the following treatments. Weed free period and weedy condition up to 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days from the date of planting the cuttings.

In the weed management, the following treatments were imposed. Manual weeding on 30 and 60 days after planting (DAP), pendimethalin @ 1 kg a.i./ ha as pre emergence (PE) + manual weeding on 60 DAP, atrazine @ 0.25 kg/ha as PE + manual weeding on 60 DAP, metalachlor @ 0.20 kg/ha as PE + manual weeding on 60 DAP, stale seed bed by chemical weeding, stale seed bed by manual weeding and continuous mulching with coir pith for 5 cm height and unweeded control. Stale seed bed technique was imposed ten days prior to planting of mulberry cuttings. This technique involves creating a seedbed 10 days before planting mulberry cuttings. Preparation of such seedbed makes sure that any weed seeds that have been disturbed and brought to the soil surface during cultivation will have a chance to germinate, and can then be hoed off before actually planting the mulberry cuttings.

Experiments on management of soil borne disease were attempted with soil application of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae (VAM) @ 100g/sq.m, soil drenching with copper oxy chloride @ 2.5 g/l, carbendazim @ 1g/l, treatment of cuttings with *Pseudomonas fluorescens* @ 10 g/l, *Trichoderma viride* 10 g/l, combination of *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma viride* each @10 g/l, soil application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* @ 2.5 kg/ha in isolation and in combination. *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* were incubated with 50 times of FYM for a period of 15 days prior to application.

Observations were recorded on survival percentage of mulberry cuttings on 90<sup>th</sup> day of planting, sapling biomass, leaf shoot ratio, root shoot ratio, weed flora, weed biomass and weed control efficiency.

From each of these experiments best treatment was selected and a comprehensive package of TNAU mulberry sapling production technology" was developed. This package was test verified in the farmer's field in comparison with traditional method for a period of two years to derive conclusive results.

## RESULTS

### Soil management:

Observation on 90<sup>th</sup> day of planting (Table I) showed that the survival was the highest in FYM applied (20 t/ha) plots (89.75 %) which was on par with composted coir pith (88.75%). In the untreated control, the survival percentage was only 54.15. Apart from sprouting percentage other

biometric characters like biomass production (87.27 g) leaf shoot ratio (0.87), root shoot ratio (0.14) were the highest in the plots applied with FYM.

### Weed management

The weed flora observed were *Parthenium hysterophorus*, *Acalypha indica*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Euphorbia hirta*, *Commelina benghalensis*, *Cynotis axillaries*, *Tridax procumbens*, *Vernonia cinerea* and *Chorchorus* sp. The results of twelve treatments of weed free and weedy conditions from 15 to 90 days of planting at fortnightly interval are presented in the Table II. The highest survival percentage was observed in the plots kept weed free up to 90 days of planting (80.78 %). The plots kept weed free from 45 days to 90 days were on par with weed free condition throughout. In weedy condition, the plots kept unweeded up to 15 days and there after kept weed free recorded the highest survival percentage (68.18).

Table I. Effect of soil management on rooting, survival and biomass production of mulberry sapling.

Tableau I. Effet de la gestion du sol sur le racinement, la survie et la production de biomasse de plantation de mûrier.

| Treatment                                                        | Survival percentage on   |                          |                          | Sapling biomass (g)            | Leaf shoot ratio     | Root shoot ratio    |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
|                                                                  | 20 DAP                   | 60 DAP                   | 90 DAP                   |                                |                      |                     |
| Traitement                                                       | Pourcentage de survie    |                          |                          | Biomasse des jeunes arbres (g) | Ratio feuille pousse | Ratio racine pousse |
|                                                                  | le 20 <sup>ème</sup> JAP | le 60 <sup>ème</sup> JAP | le 90 <sup>ème</sup> JAP |                                |                      |                     |
| Control (no organic manure)<br>Témoin (pas de fumier biologique) | 52.15                    | 54.15                    | 56.17                    | 53.04                          | 0.65                 | 0.04                |
| FYM @ 20t/ha                                                     | 67.43                    | 87.42                    | 89.75                    | 87.27                          | 0.87                 | 0.14                |
| Vermicompost @ 5t/ha                                             | 66.15                    | 80.15                    | 83.15                    | 76.47                          | 0.78                 | 0.09                |
| Goat manure @ 4t/ha                                              | 66.15                    | 75.15                    | 77.18                    | 69.15                          | 0.71                 | 0.06                |
| Fumier de chèvre @ 4 t / ha                                      |                          |                          |                          |                                |                      |                     |
| Composted coir pith @ 12.5t/ha                                   | 65.14                    | 86.15                    | 88.85                    | 85.15                          | 0.89                 | 0.13                |
| Compost de pulpe de coco à raison de 12.5 t ha                   |                          |                          |                          |                                |                      |                     |
| Neem cake @ 2t/ha                                                | 66.14                    | 72.15                    | 73.15                    | 67.14                          | 0.70                 | 0.06                |
| Tourteau de margousier à raison de 2 t / ha                      |                          |                          |                          |                                |                      |                     |
| Azospirillum dipping 0.76 for 30 minutes                         | 6.13                     | 79.15                    | 81.16                    | 76.15                          | 0.76                 | 0.09                |
| Tremper dans de l'Azospirillum pendant 30 minutes                |                          |                          |                          |                                |                      |                     |
| SEd                                                              | 2.15                     | 1.65                     | 1.72                     | 1.40                           | 0.02                 | 0.01                |
| CD (P=0.05)                                                      | 4.78                     | 3.75                     | 3.94                     | 2.81                           | 0.04                 | 0.02                |

Table II. Crop - weed competition in mulberry nursery.

Tableau II. Concurrence culture –mauvaises herbes dans la pépinière de mûriers.

| Treatment                                                                            |        | Survival<br>Percentage on |        | Leaf shoot<br>ratio        | Root shoot<br>ratio       | Weed DMP*<br>on 90 DAP<br>(g/m <sup>2</sup> )                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                      |        | 60 DAP                    | 90 DAP |                            |                           |                                                                                                             |
| Traitement                                                                           |        | Pourcentage de<br>Survie  |        | Ratio<br>feuille<br>Pousse | Ratio<br>racine<br>pousse | Production de<br>matière sèche<br>de mauvaises<br>herbes le<br>90 <sup>ème</sup> DAP<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|                                                                                      |        | 60 JAP                    | 90 JAP |                            |                           |                                                                                                             |
| Weed free up to<br><i>Sans mauvaise herbes</i><br>jusqu'à                            | 15 DAP | 49.0                      | 43.17  | 0.44                       | 0.03                      | 17.42                                                                                                       |
|                                                                                      | 15 JAP |                           |        |                            |                           |                                                                                                             |
|                                                                                      | 30 DAP | 59.0                      | 57.18  | 0.51                       | 0.06                      | 15.14                                                                                                       |
|                                                                                      | 45 DAP | 72.90                     | 78.14  | 0.71                       | 0.08                      | 7.62                                                                                                        |
|                                                                                      | 60 DAP | 73.33                     | 79.10  | 0.74                       | 0.10                      | 5.17                                                                                                        |
|                                                                                      | 75 DAP | 73.67                     | 80.31  | 0.83                       | 0.16                      | 3.48                                                                                                        |
|                                                                                      | 90 DAP | 76.33                     | 80.78  | 0.85                       | 0.18                      | --                                                                                                          |
| Weedy condition<br>up to<br><i>Présence de</i><br><i>mauvaises herbes</i><br>jusqu'à | 15 DAP | 68.67                     | 68.81  | 0.65                       |                           |                                                                                                             |
|                                                                                      | 15 JAP |                           |        |                            |                           |                                                                                                             |
|                                                                                      | 30 DAP | 58.33                     | 56.15  | 0.50                       | 0.06                      | 7.52                                                                                                        |
|                                                                                      | 45 DAP | 36.33                     | 33.14  | 0.41                       | 0.04                      | 12.18                                                                                                       |
|                                                                                      | 60 DAP | 30.33                     | 29.18  | 0.41                       | 0.04                      | 16.81                                                                                                       |
|                                                                                      | 75 DAP | 29.67                     | 28.15  | 0.39                       | 0.03                      | 17.12                                                                                                       |
|                                                                                      | 90 DAP | 30.33                     | 28.70  | 0.28                       | 0.02                      | 21.84                                                                                                       |
| SEd                                                                                  | 2.02   | 1.61                      | 0.02   | 0.01                       | 2.68                      |                                                                                                             |
| CD (P=0.05)                                                                          | 4.17   | 3.61                      | 0.04   | 0.02                       | 4.76                      |                                                                                                             |

\* DMP – Dry matter production / Production de matière sèche.

Among the weed management practices, the highest percentage of survival of mulberry cuttings (86.72) on 90<sup>th</sup> day was recorded in the plot applied with continuous mulching of coir pith wherein the weed biomass was the lowest (5.31g/m<sup>2</sup>) and the leaf shoot ratio (0.95) and root shoot ratio (0.26) were significantly higher (Table III). Manual weeding on 30 & 60 days after pruning recorded the second highest survival percentage of 83.15 and is on par with coir pith mulching. Pre – emergence application of herbicides recorded the survival percentage ranging from 71 to 76

whereas both the stale seed bed technique of manual weeding and chemical weeding recorded only 59 and 50 percent respectively.

**Table III. Weed management in mulberry nursery.**

**Tableau III. Lutte contre les mauvaises herbes dans la pépinière de mûriers.**

| Treatment                                                                                                                                       | Survival (%)<br>on 90 DAP     | Weed biomass (g/m <sup>2</sup> )                      | Leaf shoot ratio            | Root shoot ratio           | Weed control efficiency (%)                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <i>Traitement</i>                                                                                                                               | <i>% de Survie le 90e JAP</i> | <i>Biomasse de mauvaises herbes (g/m<sup>2</sup>)</i> | <i>Ratio feuille pousse</i> | <i>Ratio racine pousse</i> | <i>Efficacité de la lutte contre les mauvaises herbes (%)</i> |
| Un weed control<br><i>Témoin sans mauvaises herbes</i>                                                                                          | 31.16                         | 24.63                                                 | 0.21                        | 0.02                       | --                                                            |
| Manual weeding on 30 & 60 DAP<br><i>Désherbage manuel le 30<sup>e</sup> &amp; 60<sup>e</sup> JAP</i>                                            | 83.15                         | 8.33                                                  | 0.92                        | 0.19                       | 91.43                                                         |
| Pendimethalin @ 1 kg ai/ha as PE<br>+ manual weeding on 60 DAP<br><i>Pendimethaline @ 1 kg ai/ha à la PE<br/>+ désherbage manuel le 60e JAP</i> | 71.32                         | 9.95                                                  | 0.65                        | 0.09                       | 80.1                                                          |
| Atrazine @0.25kg/ha as PE<br>+ manual weeding on 60 DAP<br><i>Atrazine @0.25kg/ha à la P<br/>+ désherbage manuel le 60e JAP</i>                 | 74.15                         | 11.63                                                 | 0.65                        | 0.12                       | 84.32                                                         |
| Metolachlor @ 0.20kg/h as PE<br>+ manual weeding on 60 DAP<br><i>Metolachlor @ 0.20kg/h à la P<br/>+ désherbage manuel le 60e JAP</i>           | 76.13                         | 12.13                                                 | 0.69                        | 0.14                       | 86.14                                                         |
| Stale seed bed by manual weeding<br><i>Faux semis sur planche d'ensemencement<br/>par désherbage manuel</i>                                     | 59.16                         | 14.13                                                 | 0.61                        | 0.06                       | 72.15                                                         |
| Stale seed bed by chemical weeding<br><i>Faux semis sur planche d'ensemencement<br/>par désherbage chimique</i>                                 | 50.81                         | 17.82                                                 | 0.55                        | 0.05                       | 68.14                                                         |
| Continuous mulching with coir<br>pith for 5 cm height<br><i>Paillage continu avec de la pulpe de<br/>coco sur une hauteur de 5 cm</i>           | 86.72                         | 5.31                                                  | 0.95                        | 0.20                       | 96.65                                                         |
| SED                                                                                                                                             | 4.52                          | 2.67                                                  | 0.03                        | 0.01                       | --                                                            |
| CD(P=0.05)                                                                                                                                      | 9.72                          | 5.91                                                  | 0.06                        | 0.03                       | --                                                            |

PE – Pre emergence .

Table IV. Disease management in mulberry nursery.

Tableau IV. Lutte contre les maladies dans la pépinière de mûriers.

| Treatment                                                                                                       | Survival (%)<br>on 90 DAP   | Biomass<br>(g/m <sup>2</sup> )    | Leaf shoot<br>ratio     | Root shoot<br>ratio    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Traitement                                                                                                      | % de survie<br>le 90ème DAP | Biomasse<br>(g / m <sup>2</sup> ) | Ratio<br>feuille pousse | Ratio racine<br>pousse |
| Control / Témoin                                                                                                | 58.14                       | 56.43                             | 0.55                    | 0.08                   |
| Soil application of VAM @ 100g/sq/m<br><i>Application de VAM dans le sol à raison de 100 g / m<sup>2</sup></i>  | 59.47                       | 70.18                             | 0.72                    | 0.13                   |
| Soil drenching with Cu.O.Cl.@ 2.5g/l<br><i>Bassinage du sol avec Cu.O.Cl.@ 2.5g/l</i>                           | 63.64                       | 74.15                             | 0.73                    | 0.13                   |
| Soil drenching with Carbendazim @ 1g/l<br><i>Bassinage du sol avec Carbendazim @ 1g/l</i>                       | 66.28                       | 76.33                             | 0.84                    | 0.15                   |
| Cutting treatment with <i>P.f</i> @ 10g/l<br><i>Traitement des boutures avec P.f@ 10g/l</i>                     | 67.00                       | 77.14                             | 0.88                    | 0.17                   |
| Cutting treatment with <i>T.v</i> @ 10g/l<br><i>Traitement des boutures avec T.v @ 10g/l</i>                    | 65.60                       | 75.43                             | 0.70                    | 0.11                   |
| Cutting treatment with <i>T.v</i> + <i>P.f</i> @ 10g/l<br><i>Traitement des boutures avec T.v + P.f@ 10g/l</i>  | 66.10                       | 75.50                             | 0.71                    | 0.11                   |
| Soil application of <i>P.f</i> @ 2.5kg/ha<br><i>Application de P.f@ 2.5kg/ha dans le sol</i>                    | 64.00                       | 72.10                             | 0.65                    | 0.18                   |
| Soil application of <i>T.v</i> @2.5kg/ha<br><i>Application de T.v @2.5kg/ha dans le sol</i>                     | 67.71                       | 77.18                             | 0.70                    | 0.19                   |
| Soil application of <i>T.v</i> + <i>P.f</i> @ 2.5kg/ha<br><i>Application de T.v + P.f@ 2.5kg/ha dans le sol</i> | 77.21                       | 83.47                             | 0.82                    | 0.20                   |
|                                                                                                                 | SEd                         |                                   |                         |                        |
| CD(P=0.05)                                                                                                      | 3.78<br>8.14                | 2.14<br>5.14                      | 0.03<br>0.06            | 0.01<br>0.03           |

*P.f.* – *Pseudomonas fluorescens*. *T.v.* – *Trichoderma viride*

#### Disease management:

In the disease management strategies, the highest survival percentage of 77.21 (Table IV) was recorded when *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* were applied in the soil @ 2.5 kg each.

**Table V. Results of comprehensive package in different locations.****Tableau V. Résultat ave la méthode globale dans différents lieux.****SALEM**

| Method                      | No. of roots / sapling               | Root length (cm)                  | Root weight (g)               | Shoot weight (g)              | Leaf weight (g)                | Rooted sapling %                    |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Méthode</i>              | <i>Nbre de racines / jeune arbre</i> | <i>Longueur de la racine (cm)</i> | <i>Poids de la racine (g)</i> | <i>Poids de la pousse (g)</i> | <i>Poids de la feuille (g)</i> | <i>Jeune arbre ayant raciné (%)</i> |
| Improved Package            | 16.8                                 | 34.7                              | 2.2                           | 16.8                          | 12                             | 96.99                               |
| <i>Méthode améliorée</i>    |                                      |                                   |                               |                               |                                |                                     |
| Farmers' Practice           | 10.4                                 | 13.4                              | 1.96                          | 8.5                           | 6.46                           | 64.39                               |
| <i>Méthode des fermiers</i> |                                      |                                   |                               |                               |                                |                                     |
| T Value / Valeur T          | 2.58*                                | 9.6**                             | 1.27                          | 3.01**                        | 2.74*                          | 24.15**                             |

**COIMBATORE**

|                    |       |        |      |        |        |         |
|--------------------|-------|--------|------|--------|--------|---------|
| Improved Package   | 18.8  | 44.2   | 2.72 | 27.36  | 18.76  | 95.72   |
| Farmers' Practice  | 6.6   | 30.0   | 1.96 | 11.5   | 11.38  | 61.94   |
| T Value / Valeur T | 2.61* | 6.67** | 1.75 | 3.13** | 3.64** | 40.21** |

**ÉRODE**

| Method                      | No. of Roots / Sapling               | Root length (cm)                  | Root weight (g)               | Shoot weight (g)              | Leaf weight (g)                | Rooted sapling %                    |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Méthode</i>              | <i>Nbre de racines / jeune arbre</i> | <i>Longueur de la racine (cm)</i> | <i>Poids de la racine (g)</i> | <i>Poids de la pousse (g)</i> | <i>Poids de la feuille (g)</i> | <i>Jeune arbre ayant raciné (%)</i> |
| Improved Package            | 12.2                                 | 36.4                              | 2.12                          | 23.41                         | 15.3                           | 91.83                               |
| <i>Méthode améliorée</i>    |                                      |                                   |                               |                               |                                |                                     |
| Farmers' Practice           | 7.5                                  | 17.3                              | 1.14                          | 14.32                         | 10.08                          | 62.10                               |
| <i>Méthode des fermiers</i> |                                      |                                   |                               |                               |                                |                                     |
| T Value / Valeur T          | 2.56*                                | 5.43**                            | 1.85                          | 3.41**                        | 3.64**                         | 10.31**                             |

**Pooled Analysis of three locations / Analyse regroupée concernant les trois lieux**

|                    |        |         |        |        |         |         |
|--------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Improved Package   | 15.93  | 38.4    | 2.35   | 22.52  | 15.35   | 94.85   |
| Farmers' Practice  | 8.16   | 20.23   | 1.69   | 11.44  | 9.31    | 62.81   |
| T Value / Valeur T | 3.95** | 10.01** | 3.47** | 5.33** | 10.37** | 30.76** |

\* Significant at 5% level / *Significatif au seuil de 5 %*. \*\* Significant at 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %*

**Comprehensive package**

The best treatment of soil management, weed management and disease management was selected and comprehensive package was developed. The existing recommendation of dipping the cuttings in *Azospirillum* solution (1kg in 40 liters) for 30 minutes (Krishnan, 1999) and application of VAM @ 100g/sq.m was also included.

The comprehensive package developed for mulberry nursery is as follows

- |                           |                                                                                                                                      |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Soil management</b>    | – Application of FYM @ 20 tons/ha or<br>12.5 tons of Composted coir pith                                                             |
| <b>Disease management</b> | – Soil application of <i>T. viride</i> and <i>P. fluorescens</i> @<br>2.5 kg each (Incubated with FYM at 1: 50 ratio for<br>15 days) |
| <b>Weed management</b>    | – Continuous mulching for 5 cm height<br>(Critical period for weed competition is 45 days of<br>planting)                            |
| <b>Cuttings treatment</b> | – Dipping in <i>Azospirillum</i> solution (1 kg in 40 litres. of<br>water for 30 minutes) before planting                            |

The results of comprehensive package study conducted in the farmers' holding in three districts of Salem, Coimbatore and Erode are presented in Table V.

The results revealed that in all the three locations, the percentage of mulberry sprouting on 90<sup>th</sup> day of planting in improved package of nursery production techniques was significantly superior (Salem 96.99, Coimbatore 95.72 and Erode 91.82%) when compared to farmer's method (Salem 64.39, Coimbatore 61.94 and Erode 62.10) of raising mulberry nursery.

Pooled analysis revealed that the rooted sapling percentage on 90<sup>th</sup> day of planting in improved package is 51 percent more than existing traditional method followed by the farmers. Apart from the enhanced sprouting percentage, the growth attributes like number of roots, root length, shoot weight and leaf weight were also significantly superior to farmer's practice resulting in vigorous seedlings.

**DISCUSSION**

The survival of mulberry cuttings was the highest in FYM applied (20 t/ha) plots which was on par with composted coir pith. Besides, other biometric characters like biomass production leaf shoot ratio, root shoot ratio were the highest in the plots applied with FYM. Earlier, Shivashankar (1995) observed the betterment of soil structure due to addition of organic matter in mulberry garden. Ajay Koul *et al.* (1999) from their experiments found that amendment of soil is sure method of increasing survival of mulberry cuttings and improving chances of survival in field as well.

In the experimental plots, three monocots and seven dicotyledonous weeds were observed. Muniappa and Shivakumar (1999a) reported a total of 35 angiospermic weed species under 29 genera and 12 families. Nature of weeds and critical stage for crop weed competition act as a basic tool for screening the effective weed control measures (Thakur, 1984).

Weed free situation and less competition for growth factors resulted in the highest survival percentage of mulberry cuttings. Shivashankar (1995) reported that use of crop residues reduced the weed density and increased the yield of mulberry. Normally the sprouting will start from 10 to 15 days of planting. After sprouting, maintenance of weed free condition increased the sprouting and survival.

The results clearly showed that the nursery should be kept weed free up to 45 days from planting. These findings are in line with Muniappa and Shivakumar (1999b), Sikdar *et al.* (1987) and Srinivasan *et al.* (1987) who reported that in mulberry garden the first 35 -45 days after pruning is the critical period for weed competition.

The bio-control agents like *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* favoured the highest survival of mulberry cuttings. Sridar *et al.* (2000) reported that the biocontrol agents are capable of suppressing the root rot causing organism, *Macrophomina phaseolina* in mulberry and has no residual toxicity. All other treatments were second in order, to the application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens*. While VAM application recorded only 59.47 % survival and was on par with control. The treatment effect was conspicuous in respect of leaf shoot ratio and root shoot ratio. The highest leaf shoot ratio and root shoot ratio was recorded when *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* were applied. Compared to chemical treatment for the disease management, biocontrol application was cost effective and more successful.

## CONCLUSION

The comprehensive package comprising of application of FYM @ 20 tons/ha or 12.5 tons of Composted coir pith, soil application of *T. viride* and *P. fluorescens* @ 2.5 kg each, continuous mulching for 5 cm height and dipping in *Azospirillum* solution before planting was found to be very effective which enhanced the sprouting, survival and biometric parameters of mulberry saplings.

## REFERENCES

- AJAY KOUL, DARSHAN SINGH, RAMSH PANDIT AND KALU RAM (1999) Effect of soil amendment on survival of mulberry cuttings. In the Proc. of National Seminar on Tropical Sericulture 1999 at Department of Sericulture, UAS, GKVK, Bangalore, India.
- KRISHNAN R. (1999) Biology and propagation of mulberry. In the Proc. on Refresher Course on Sericulture, at Department of Sericulture, TNAU, Coimbatore, India pp 29 – 33.
- MUNIAPPA T.V., SHIVAKUMAR H.R. (1999a) A survey of weed flora in mulberry gardens of Karnataka. In the Proc. of National Seminar on Tropical Sericulture 1999 at Department of Sericulture, UAS, GKVK, Bangalore, India.
- MUNIAPPA T.V., SHIVAKUMAR H.R. (1999b) Crop weed competition in mulberry. In the Proc. of National Seminar on Tropical Sericulture 1999 at Department of Sericulture, UAS, GKVK, Bangalore, India.
- PHILIP T., GUPTA V.P., GOVINDAIAH, BAJPAI A.K., DATTA R.K. (1994) Diseases of mulberry in India – Research Priorities and Management Strategies. Int. J. Tropical Plant Diseases, 12: 1- 21.
- SHIVSHANKAR K. (1995) Crop responses for sources of organic matter and integrated nutrient management for yield maximization in Alfisols under irrigated condition. As alternative to Fertilizers in Sustainable Agriculture (Ed. K. Shivashankar), UAS Bangalore. pp 27- 28.
- SHIVAKUMAR H.R., NAGARAJAIAH C., JAGADISH K.S. (1999) Crop residue management and weed control in mulberry. In the Proc. of National Seminar on Tropical Sericulture 1999 at Department of Sericulture, UAS, GKVK, Bangalore, India.
- SIKDAR A.K., BHARATHI A., KRISHNASWAMY, JOLLY M.S. (1987) Weed control in irrigated mulberry gardens by herbicide combinations. Indian J. Seric. 25 (1): 16 – 21.
- SRINIVASAN E.B., SUBBASWAMI, SIKDAR A.K., BHARATHI A., JOLLY M.S. (1987) Effect of weed density on nutritive values of mulberry. Indian J. Seric. 26 (3): 72 – 75

## LA TECHNOLOGIE « TNAU » DE PRODUCTION DE JEUNES MURIERS

R. KRISHNAN, M. MUTHUSWAMI & P. MOHANRAJ

Department of Sericulture, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore – 641 003, Inde.

*Il y a un manque en pousses de mûrier pour la production de jeunes arbres à cause de l'élevage du ver à soie sur rameaux. Par ailleurs, les fermiers ne disposent pas des connaissances adaptées par rapport à la production scientifique de jeunes mûriers, ce qui entraîne un mauvais établissement des jeunes mûriers. Compte tenu de cela, une série d'expériences a été entreprise sur la gestion du sol, la période critique par rapport à la concurrence des mauvaises herbes, la lutte contre les mauvaises herbes, la lutte contre les maladies et le traitement des boutures avec des agents biologiques pour augmenter le débourrage et le racinement. D'après les résultats de trois années d'expériences, on a mis au point « la technologie TNAU de production de jeunes mûriers ». Les principaux éléments de cette technologie sont l'ajout d'engrais organique (20 t / ha), le paillage avec des plantes sur une hauteur de 5 cm immédiatement après la plantation pour lutter contre les mauvaises herbes, l'incorporation de *Trichoderma viride* et de *Pseudomonas fluorescens* (2,5 kg / ha chacun) et le trempage des boutures dans une solution d'*Azospirillum* pendant 30 minutes avant la plantation.*

### INTRODUCTION

Le ver à soie est un insecte monophage et la productivité en cocons dépend de la présence de feuilles de mûrier de qualité. On peut augmenter la production de feuilles de mûrier en mettant au point des variétés à rendement élevé. Mais, la distribution des variétés récentes auprès de nombreuses exploitations agricoles dépend de la disponibilité et de la qualité des jeunes mûriers produits. Traditionnellement, on développe les plantations de mûrier en plantant directement des boutures de tiges sur le terrain. En raison de la variation des facteurs abiotiques tels que les précipitations, le sol, les fluctuations de température, les mauvaises herbes etc... et la non-adoption des pratiques de plantation recommandées par les fermiers, l'établissement initial des mûraies est très mauvais, ce qui entraîne un grand nombre d'espace vides sur les terrains et une mauvaise productivité en mûriers. Cette méthode nécessite aussi une grande quantité de boutures, 150 à 200 % en plus par unité de surface.

De plus, compte tenu du changement des pratiques en matière d'élevage du ver à soie qui est passé de l'élevage sur feuilles au recueil des rameaux, on ne dispose pas suffisamment de rameaux comme matériel de plantation à la maturité nécessaire. Il faut avoir recours à des méthodes scientifiques pour la culture des mûriers en pépinière. Les principaux facteurs qu'il faut maîtriser pour réussir les pépinières sont la gestion du sol, la concurrence des mauvaises herbes et la gestion des maladies véhiculées par le sol. La présence et la sévérité d'une maladie

particulière sont fortement influencées par la méthode de culture, les opérations interculturelles, les conditions du sol et les facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité et les précipitations (Philip et coll., 1994). Compte tenu de ces faits, cette étude a été entreprise.

## MATERIELS ET METHODES

On a réalisé une série d'expériences pendant une période de trois ans de 2006 à 2008 sur la gestion des sols, la période critique par rapport à la concurrence des mauvaises herbes, la lutte contre les mauvaises herbes et la lutte contre les maladies dans la zone exclusive de pépinières de mûriers du Département Séricicole de la Tamil Nadu Agricultural University (TNAU) à Coimbatore, en Inde. On réalise les expériences avec la variété de mûrier V1. Pour toutes les expériences, on prend des boutures de pousses provenant de la muraie établie, dont la maturité est d'environ six mois.

On procède à l'expérience sur la gestion du sol en appliquant les traitements suivants, application de fumier de ferme à raison de 20 t / ha, de vermicompost à raison de 5t / ha, de fumier de chèvre à raison de 4 t / ha, de compost de pulpe de coco à raison de 12,5 t / ha, de tourteau de margousier à raison de 2 t / ha et il y a aussi un témoin (pas d'application de fumier de ferme).

L'expérience sur la période critique par rapport à la lutte contre les mauvaises herbes comprend les traitements suivants une période sans mauvaises herbes et avec des mauvaises herbes pendant jusqu'à 15, 30, 45, 60, 75 et 90 jours, à partir de la date de plantation des boutures.

Pour lutter contre les mauvaises herbes, on a recours aux traitements suivants. Désherbage manuel 30 et 60 jours après la plantation (JAP), de la pendiméthaline à raison de 1 kg a.i. / ha à la pré levée (PE) + désherbage manuel le 60<sup>ème</sup> JAP, de l'atrazine à raison de 0,25 kg / ha à la prélevée + désherbage manuel le 60<sup>ème</sup> JAP, du métalachlore à raison de 0,20 kg / ha à la prélevée + désherbage manuel le 60<sup>ème</sup> JAP, faux semis sur planche d'ensemencement avec désherbage chimique, faux semis sur planche d'ensemencement avec désherbage manuel et un paillage continu avec de la pulpe de coco sur une hauteur de 5 cm ainsi qu' un témoin sans désherbage. On a recours à la technique de faux semis sur planche d'ensemencement dix jours avant la plantation des boutures de mûrier. Cette technique implique la création d'un semis 10 jours avant la plantation des boutures de mûrier. La préparation d'un tel semis permet de s'assurer que n'importe quelle graine de mauvaises herbes qui a été dérangée et amenée à la surface du sol au cours de la culture germera et pourra ensuite être binée avant que les boutures de mûrier soient plantées.

Pour lutter contre les maladies véhiculées par le sol, on procède aux expériences suivantes : application de mycorhizes vésiculaires arbusculaires (VAM) dans le sol à raison de 100 g / m<sup>2</sup>, arrosage du sol avec de l'oxychlorure de cuivre à raison de 2,5 g / l, du carbendazime à raison de 1 g / l, traitement des boutures avec *Pseudomonas fluorescens* à raison de 10g / l, avec *Trichoderma viride* 10 g / l, combinaison de *Pseudomonas fluorescens* et *Trichoderma viride* à raison de 10 g / l chacun, application dans le sol de *Trichoderma viride* et *Pseudomonas fluorescens* à raison de 2,5 kg / ha de manière isolée et en combinaison. On incube *Trichoderma viride* et *Pseudomonas fluorescens* avec 50 fois leur quantité en fumier de ferme pendant une période de 15 jours avant l'application.

On enregistre les observations sur le pourcentage de survie des boutures de mûrier le 90<sup>ème</sup> jour après la plantation, la biomasse des jeunes mûriers, le ratio feuilles – pousse-, le ratio racines - pousses, la flore de mauvaises herbes, la biomasse de mauvaises herbes et l'efficacité de lutte contre les mauvaises herbes.

A partir de chacune de ces expériences, on sélectionne le meilleur traitement et on met au point une méthode complète dans le cadre de la technologie TNAU de production de jeunes mûriers. On vérifie cette méthode sur le terrain avec les fermiers et on la compare avec la méthode traditionnelle pendant une période de deux ans pour pouvoir tirer des résultats concluants.

## RESULTATS

### Gestion du sol :

Les observations 90 jours après la plantation (Tableau I) montrent que la survie est la plus élevée dans les parcelles (89,75 %) où on applique (20 t / ha) du fumier de ferme, qui est à égalité avec le compost de pulpe de cocon (88,75 %). Chez le témoin non traité, le pourcentage de survie n'est que de 54,15 %. En plus du pourcentage de germination, d'autres caractères biométriques comme la production de biomasse (87,27 g), le ratio feuilles – pousses (0,87), le ratio racines – pousses (0,14) sont les plus élevés dans les parcelles où on applique du fumier de ferme.

### Lutte contre les mauvaises herbes :

La flore de mauvaises herbes que l'on observe est *Parthenium hysterophorus*, *Acalypha indica*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Euphorbia hirta*, *Commelina benghalensis*, *Cynotis axillaries*, *Tridax procumbens*, *Vernonia cinerea* et *Chorchorus* sp. Les résultats pour douze traitements avec et sans mauvaises herbes 15 à 90 jours après la plantation à un intervalle de quinze jours sont présentés dans le Tableau II. On observe le % de survie le plus élevé dans les parcelles que l'on conserve sans mauvaises herbes jusqu'à 90 jours après la plantation (80,78 %). Les parcelles conservées sans mauvaises herbes de 45 à 90 jours après la plantation sont à égalité avec le traitement continu sans mauvaises herbes. Avec le traitement de présence de mauvaises herbes, les parcelles qu'on ne désherbe pas pendant 15 jours et qu'on désherbe ensuite enregistrent le pourcentage de survie le plus élevé (68,18).

Parmi les pratiques de lutte contre les mauvaises herbes, on enregistre le pourcentage le plus élevé de survie des boutures de mûrier (86,72) au bout du 90<sup>ème</sup> jour dans la parcelle où on applique un paillage continu de pulpe de coco, où la biomasse de mauvaises herbes est la plus faible (5,31 g / m<sup>2</sup>) et le ratio feuilles-pousses (0,95) et le ratio racines – pousses (0,26) sont significativement les plus élevés (Tableau III).

Le désherbage manuel le 90<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> jour après la taille enregistre le deuxième pourcentage de survie le plus élevé de 83,15 et est à égalité avec le paillage de pulpe de coco. L'application d'herbicides à la pré-levée enregistre un pourcentage de survie compris entre 71 et 76, tandis que les techniques de faux semis sur planche d'ensemencement avec désherbage manuel et chimique enregistrent toutes les deux respectivement seulement 59 et 50 % de survie.

### Lutte contre les maladies :

Avec les stratégies de lutte contre les maladies, on enregistre le pourcentage de survie le plus élevé de 77,21 (Tableau IV) quand on applique *Trichoderma viride* et *Pseudomonas fluorescens* dans le sol à raison de 2,5 kg chacun.

### Méthode globale :

On sélectionne le meilleur traitement de gestion du sol, de lutte contre les mauvaises herbes et de lutte contre les maladies et on met au point une méthode globale. On intègre aussi la recommandation qui existe déjà et qui consiste à tremper les boutures dans une solution

d'*Azospirillum* (1 kg dans 40 litres) pendant 30 minutes (Krishnan, 1999) et à appliquer des VAM à raison de 100 g / m<sup>2</sup>.

La méthode globale mise en place pour la pépinière de mûriers est la suivante :

|                                          |                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gestion du sol</b>                    | - Application de fumier de ferme à raison de 20 tonnes / ha ou 12,5 tonnes de compost de pulpe de coco                                                                       |
| <b>Gestion des maladies</b>              | - Application dans le sol de <i>T. viride</i> et de <i>P. fluorescens</i> à raison de 2,5 kg chacun (incubés avec du fumier de ferme selon un ratio 1 : 50 pendant 15 jours) |
| <b>Lutte contre les mauvaises herbes</b> | Paillage continu sur une hauteur de 5 cm<br>(La période critique par rapport à la concurrence des mauvaises herbes est 45 jours après la plantation)                         |
| <b>Traitement des boutures</b>           | Tremper les boutures dans une solution d' <i>Azospirillum</i> (1kg dans 40 litres d'eau pendant 30 minutes) avant la plantation                                              |

Les résultats de l'étude avec la méthode globale appliquée dans les exploitations agricoles de trois zones Salem, Coimbatore et Erode sont présentés dans le Tableau V.

Les résultats révèlent que dans les trois endroits, le % de débouillage de mûriers au bout du 90<sup>ème</sup> jour de plantation avec la technique de production améliorée en pépinière est significativement supérieur (Salem, 96,99 ; Coimbatore 95,72 et Erode 91,82 %) par comparaison à la méthode des fermiers (Salem 64,39 ; Coimbatore 61,94 et Erode 62,10) pour la culture de mûriers en pépinière.

L'analyse regroupée révèle que le % de jeunes mûriers ayant raciné le 90<sup>ème</sup> jour après la plantation avec le système amélioré est supérieur de 51 % à celui obtenu avec la méthode traditionnelle utilisée par les fermiers. En plus de l'amélioration du pourcentage de débouillage, les attributs de croissance comme le nombre de racines, la longueur des racines, le poids des pousses et le poids des feuilles sont significativement plus élevés qu'avec les pratiques des fermiers et donnent des plantules vigoureuses.

## DISCUSSION

La survie des boutures de mûrier est la plus élevée dans les parcelles où on applique du fumier de ferme (20 t / ha), avec un compost de pulpe de coco. De plus, d'autres caractères biométriques comme la production de biomasse, le ratio feuilles – pousses, le ratio racines – pousses sont les plus élevés dans les parcelles où on applique du fumier de ferme. Précédemment, Shivashankar (1995) a observé l'amélioration de la structure du sol grâce à l'ajout de matière organique dans la muraie. Ajay Koul et coll., (1999) ont constaté, d'après leurs expériences, que l'amendement du sol est une méthode sûre pour augmenter la survie des boutures de mûrier et améliorer aussi les chances de survie dans la muraie.

Dans les parcelles expérimentales, on observe trois mauvaises herbes monocotylédones et sept dicotylédones. Muniappa et Shivakumar (1999a) ont signalé un ensemble de 35 espèces de

mauvaises herbes angiospermes appartenant à 29 genres et à 12 familles. La nature des mauvaises herbes et le stade critique par rapport à la concurrence des mauvaises herbes représentent un outil de base pour évaluer les mesures de lutte efficaces contre les mauvaises herbes (Thakur, 1984).

L'absence de mauvaises herbes et une concurrence moins importante par rapport aux facteurs de croissance entraînent le % de survie le plus élevé des boutures de mûrier. Shivashankar (1995) a signalé que l'utilisation de résidus de culture diminue la densité de mauvaises herbes et augmente le rendement du mûrier. Après le débouillage, le maintien de conditions sans mauvaises herbes augmente le débouillage et la survie. Les résultats montrent clairement qu'il faut conserver la pépinière sans mauvaises herbes jusqu'à 45 jours après la plantation. Ces résultats sont en accord avec ceux de Minuiappa et Shivakumar (1999b), Sikdar et coll., (1987) et Srinivasan et coll., (1987) qui ont signalé que dans la muraie les 35-45 premiers jours après la taille sont la période critique par rapport à la concurrence des mauvaises herbes.

Les agents de lutte biologique comme *Trichoderma viride* et *Pseudomonas fluorescens* favorisent la survie la plus élevée des boutures de mûrier. Sridar et coll., (2000) ont signalé que les agents de lutte biologique sont capables de supprimer l'organisme responsable de la pourriture de la racine, *Macrophomina phaseolina* chez le mûrier et n'ont pas de toxicité résiduelle. Tous les autres traitements se classent deuxième après l'application de *Trichoderma viride* et de *Pseudomonas fluorescens*. Tandis que l'application de VAM n'enregistre que 59,47 % de survie et est à égalité avec le témoin. L'effet du traitement est manifeste par rapport au ratio feuilles – pousses et au ratio racines – pousses. On enregistre le ratio feuilles – pousses et le ratio racines – pousses le plus élevé quand on applique *Trichoderma viride* et *Pseudomonas fluorescens*. Par comparaison au traitement chimique pour lutter contre les maladies, l'application d'agents biologiques est rentable et plus réussie.

## CONCLUSION

La méthode globale comprenant l'application de fumier de ferme à raison de 20 tonnes / ha ou de 12,5 tonnes de compost de pulpe de coco, l'application dans le sol de *T. viride* et *P. fluorescens* à raison de 2,5 kg de chaque, le paillage continu sur une hauteur de 5 cm et le trempage dans une solution d'*Azospirillum* avant la plantation s'avère très efficace et améliore le débouillage, la survie et les paramètres biométriques des jeunes plants de mûrier.

## DE-TOPPING AND GA<sub>3</sub>, THE TWO POWERFUL TOOLS FOR INDUCING ROOTABILITY IN SHOOT CUTTINGS OF *TERMINALIA ARJUNA* (BEDD), THROUGH JUVENILITY INDUCTION

P. S. SINHA\*, M. K. SINGH, B. M. K. SINGH AND N. B. VIJYA PRAKASH

Central Tasar Research and Training Institute, P.O. Piska Nagri, Ranchi 835303  
Jharkhand, India

*Induction of roots in cuttings is a complex process involving tissue characteristics, physiological and biochemical aspects of cuttings as well as that of mother plants from where these cuttings are taken. So besides the actual conditions prevailing during the rooting process any thing which can influence the growth and development of mother plant and more particularly the development of branches to be used for making cuttings, can influence their rooting potential. Terminalia arjuna, the primary food plant of tropical wild silk worm Antheraea mylitta, has been labeled as one of the most difficult rooters.*

*Out of the various factors identified for poor or no rooting in this plant species, juvenility and development of mechanical tissues, serving as the mechanical barrier, with maturity have also been identified as some of the factors controlling the root induction in T. arjuna. De-topping and gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) are known to induce juvenility. This paper brings forth the results of a three year study involving studies on the effects GA<sub>3</sub> and de-topping (drastic pruning) on juvenility (i.e. a special set of anato-bio-chemical status) of newly developed branches of Terminalia arjuna plant and also on the rootability of cuttings made out of these branches. Study revealed that spray of GA<sub>3</sub> on the sprouts developed consequent upon de-topping has resulted in reduction of amount of mechanical tissues, decline in chlorophyll contents and increase in phenol and water contents a condition found in typical juvenile branches. These branches upon putting to rootability studies have shown very high rooting. The study also revealed that GA<sub>3</sub> as such do not take part in root formation but brings in the rootability by changing anato-physio-biochemical status of the branches and for this it needs to be applied in advance during the development of branches and its instant application is of little use. This physio-chemical treatment i.e. spraying the sprouts induced by pruning can be well exploited for true to type clonal multiplication of this very difficult to root tasar food plant species.*

\* Present address: P4 Tasar Silkworm Breeding Station (Trivoltine), Patel Rice Mill Campus, Behind Guest House, Kargi Road Kota, Bilaspur, Chattisgarh, Pin 495113, India.

**Keywords:** De-topping, Pruning, GA<sub>3</sub>, Juvenility, Rooting, Mechanical tissues. Anato-physio- biochemical status.

## INTRODUCTION

Induction of roots in cuttings is a complex process involving tissue characteristics, physiological and biochemical aspects of cuttings as well as that of mother plants from where these cuttings are taken. So besides the actual conditions prevailing during the rooting process any thing which can influence the growth and development of mother plant and more particularly the development of branches to be used for making cuttings can influence their rooting potential.

*Terminalia arjuna* is the primary food plant of tropical wild silk worm *Antheraea mylitta*. It has been labeled as one of the most difficult rooters (Sinha *et al.*, 2003) since the earlier efforts made at Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi, India, for almost last 35 years could not yield much and experimentation mostly failed (Sinha *et al.*, 2001). Rooting is a phenomenon, controlled by a number of factors like genetic, anatomical, physiological and biochemical or a combination of two or more factors (Sinha *et al.*, 2003). Many internal factors like the age of the stock plant, maturity of tissues etc also influence rooting (Bose *et al.*, 1975). In recent past some breakthrough were achieved in the field of regeneration of *Terminalia arjuna* through cuttings with reasons for rooting failure have been identified to a great extent. Out of the various factors, development of mechanical tissues with maturity serving as the mechanical barrier to root emergence (Sinha *et al.*, 2001) and favorable physiological and biochemical status (a special set of anato-physio-biochemical conditions prevailing during young age) i.e. juvenility have been identified as some of the factors controlling the root induction in *T. arjuna*. Phenol contents of the plants have also been found to be closely related with rooting, having positive correlation with it and has been identified as biochemical marker associated with rootability in *T. arjuna* (Sinha *et al.*, 2005). Sinha *et al.*, (2001) achieved success in inducing more than 80 % rooting in *T. arjuna* by utilizing the material from bushes, maintained under special conditions, i.e. low nutrients, high soil moisture and shade however, when cuttings from naturally growing old /mature trees were utilized, rhizogenesis was negligible/ mostly was not there

Pruning is known to induce development of new branches. Libby *et al.*, (1966) have found that pruning is quite effective in maintaining rooting potential of cuttings taken from them as the trees ages, compared to non hedged trees. De-topping or cutting down a mature plant to ground level results in the development of new shoots arising at the base of the plant. Such shoots arising from juvenile tissues of plant tend to assume juvenile characteristics and forms roots easily (Sadhu, 1989)

Various growth regulators are known to influence the anato-biochemical status of the plants and GA<sub>3</sub> is one such. GA<sub>3</sub> is known to induce juvenility. Its spray has caused substantial stimulation of growth and reversion of the branches to juvenile stage (Robbins, 1960) and improving rooting of cuttings taken from sprayed plants (Stoutemyer *et al.*, 1961). GA<sub>3</sub> application is known to cause stem elongation (Hartman and Kester, 1986), mobilization of food and change in osmotic properties of cells. Gibberellins have a function in regulating nucleic acid and protein synthesis and may interfere with these processes (Key, 1969). In the light of above it was felt pertinent to study the effect of drastic pruning/de-topping and GA<sub>3</sub> on the anato-biochemical status of *T. arjuna* shoots and to study the correlation of these changes with the root induction

## MATERIALS AND METHODS

The study was divided into two experiments

### Experiment 1: Rootability of *T. arjuna* as influenced by pruning and GA<sub>3</sub> :

This experiment was carried out in two factorial RBD design, drastic pruning (de-topping) at different levels was taken as one factor and spray of growth regulator was taken as another factor. The sprouts of plants pruned at various heights were sprayed with two different concentrations of growth regulator i.e. GA<sub>3</sub>. The control sets were sprayed with plain water. The branches developed out of these sprouts were used for making cuttings. For the study the cutting type used was "Leaf node cuttings" i.e. 3<sup>rd</sup> to 4<sup>th</sup> node and one pair of leaves taken from the branches of approx. 2 months age. These cuttings were put for rootability study by a method of Sinha *et.al.*, (2001). The experiment was conducted for three years.

Besides rootability, anatomical studies by the method described by Sinha *et.al.*, (2001) as well as biochemical studies; estimation of Chlorophyll a, b, and total by Sinha *et.al.*, (1981) nitrogen by Kjeldahl's method by Vogel (1978) and crude fibres and moisture contents by methods suggested by AOAC (1955). The protein contents were derived by multiplying estimated nitrogen contents with 6.25.

### Experiment 2- Rootability as influenced by presoaking the cuttings in GA<sub>3</sub>:

The leaf node cuttings were soaked in aqueous solution of three different concentrations (50, 500 and 750 ppm) of GA<sub>3</sub> with presoaking in plain water being control and put to rootability studies as described above.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

The data under various experiments were collected, compiled and analyzed and are presented in fig 1-4 and Table 1.

### Rootability of *T. arjuna* as influenced by de-topping and GA<sub>3</sub> application:

As evidence from Table I and fig 1, both pruning and application of GA<sub>3</sub> have influenced the rootability.

#### 1. Pruning at different height:

The rooting magnitude clearly recorded a declining trend with the increasing height of pruning from 15 cm to 180 cm. The rootability at 15 cm height (on the basis of three years pooled data), in plain water treated sets was 885.5% higher than rooting obtained at 90 cm. After 90 cm virtually there was no rooting during all the three years. Pruning is known to induce development of new branches. Libby *et.al.*, (1966) have found that pruning is quite effective in maintaining the rooting potential of cuttings. De-topping or cutting down a mature plant to ground level results in development of new shoots at the base of plants. Such shoot arising from juvenile tissues of plant tend to assume juvenile characteristics and form roots easily (Sadhu, 1989). Juvenility is known to be maximum when de-topping is done at the ground level and its efficacy decreases with the increasing height of pruning.

Table 1. Rootability of *T. arjuna* as influenced by drastic pruning and GA<sub>3</sub> application.

*Tableau I. Capacité de racinement de T. arjuna sous l'influence d'une taille radicale et d'une application de GA<sub>3</sub>.*

| Pretreatment<br>(ppm)           | Year              | Parameters        | Pruning height (cm)      |           |           |            |                   |      |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|------|
|                                 |                   |                   | 15                       | 30        | 90        | 180        | Unpruned          |      |
| <i>Pre-traitement<br/>(ppm)</i> | <i>Année</i>      | <i>Paramètres</i> | <i>Hauteur de taille</i> |           |           |            |                   |      |
|                                 |                   |                   | <i>15</i>                | <i>30</i> | <i>90</i> | <i>180</i> | <i>Non-taillé</i> |      |
| Plain water / Eau               |                   |                   |                          |           |           |            |                   |      |
| GA3 250                         | I                 | R.P               | 41.6                     | 13.3      | 8.3       | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 |                   | R.T               | 29.3                     | 41.0      | 40.0      | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 | II                | R.P               | 28.3                     | 0.0       | 0.0       | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 |                   | R.T               | 28.0                     | 0.0       | 0.0       | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 | III               | R.P               | 11.6                     | 6.67      | 0.0       | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 |                   | R.T               | 35.7                     | 33.3      | 0.0       | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 | Av                | R.P               | 27.2                     | 6.65      | 2.76      | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 |                   | R.T               | 31.0                     | 37.15     | 40.0      | 0.0        | 0.0               |      |
|                                 | I                 | R.P               | 45.0                     | 43.5      | 26.6      | 23.3       | 13.3              |      |
|                                 |                   | R.T               | 23.0                     | 24.0      | 25.0      | 24.0       | 25.4              |      |
|                                 | II                | R.P               | 83.3                     | 86.7      | 75.0      | 35.0       | 8.3               |      |
|                                 |                   | R.T               | 27.3                     | 27.3      | 26.3      | 29.6       | 31.7              |      |
|                                 | III               | R.P               | 76.6                     | 65.0      | 21.6      | 18.3       | 6.7               |      |
|                                 |                   | R.T               | 26.7                     | 27.3      | 25.7      | 26.6       | 27.3              |      |
|                                 | Av                | R.P               | 68.3                     | 65.06     | 41.06     | 25.5       | 9.4               |      |
|                                 |                   | R.T               | 25.7                     | 26.2      | 25.7      | 26.7       | 28.1              |      |
| GA3 500                         |                   |                   |                          |           |           |            |                   |      |
|                                 | I                 | R.P               | 61.6                     | 63.3      | 36.6      | 33.3       | 16.6              |      |
|                                 |                   | R.T               | 23.0                     | 25.7      | 25.0      | 26.0       | 27.0              |      |
|                                 | II                | R.P               | 93.3                     | 90.0      | 81.7      | 38.3       | 10.0              |      |
|                                 |                   | R.T               | 28.3                     | 27.3      | 26.3      | 29.3       | 28.3              |      |
|                                 | III               | R.P               | 86.6                     | 76.6      | 53.6      | 21.7       | 8.3               |      |
|                                 |                   | R.T               | 26.3                     | 25.6      | 26.6      | 25.3       | 27.6              |      |
|                                 | Av                | R.P               | 80.5                     | 76.6      | 57.3      | 31.1       | 11.6              |      |
|                                 |                   | R.T               | 25.8                     | 26.2      | 25.9      | 26.8       | 27.6              |      |
|                                 | Pooled Average    |                   | R.P                      | 58.6      | 49.4      | 33.7       | 18.9              | 7.0  |
|                                 | Moyenne regroupée |                   | R.T                      | 27.5      | 29.8      | 30.5       | 26.8              | 27.8 |

RP=Rooting percent / % de racinement RT=Rooting time / Temps de racinement.

Table I. Continued... / *Tableau I. Suite....*

| CD at 5%                                                | Rooting percent                                        |                                                        |                                                        | Rooting time                                           |                                                        |                                                        |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| DC à 5 %                                                | Pourcentage de racinement                              |                                                        |                                                        | Temps de racinement                                    |                                                        |                                                        |
|                                                         | 1 <sup>st</sup> Yr<br><i>1<sup>ère</sup><br/>année</i> | 2 <sup>nd</sup> Yr<br><i>2<sup>ème</sup><br/>année</i> | 3 <sup>rd</sup> Yr<br><i>3<sup>ème</sup><br/>année</i> | 1 <sup>st</sup> Yr<br><i>1<sup>ère</sup><br/>année</i> | 2 <sup>nd</sup> Yr<br><i>2<sup>ème</sup><br/>année</i> | 3 <sup>rd</sup> Yr<br><i>3<sup>ème</sup><br/>année</i> |
| For height<br><i>Pour la hauteur</i>                    | 2.85                                                   | 2.95                                                   | 2.79                                                   | 1.65                                                   | 1.84                                                   | 0.76                                                   |
| For pretrt<br><i>Pour le pretrait</i>                   | 3.76                                                   | 3.96                                                   | 3.74                                                   | 2.21                                                   | 2.47                                                   | 1.03                                                   |
| For height X Prtrt<br><i>Pour la hauteur × pretrait</i> | 8.40                                                   | 8.87                                                   | 8.37                                                   | 4.95                                                   | 5.52                                                   | 2.29                                                   |

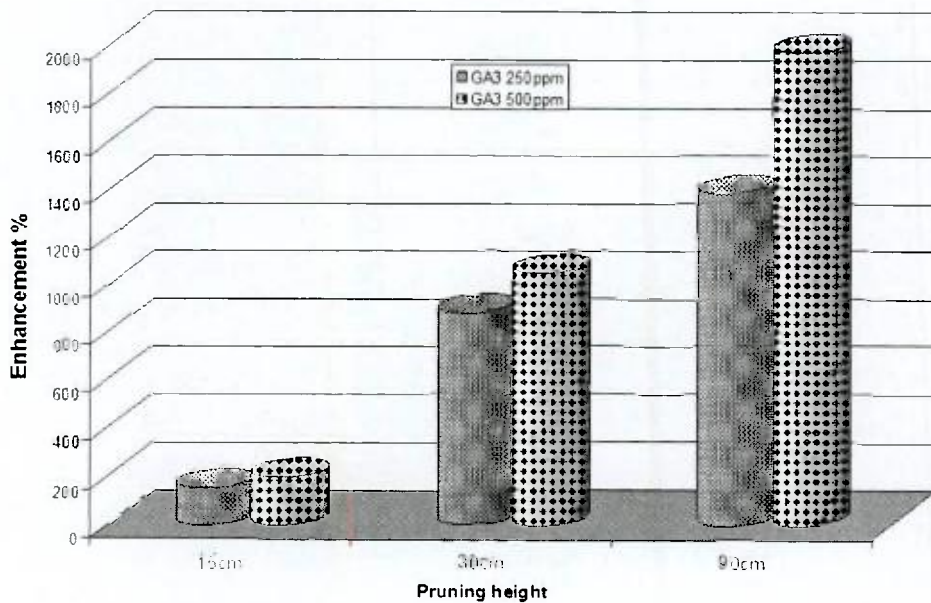


Fig. 1. Degree of enhancement in rootability with the increase in pruning height.

*Fig. 1. Degré d'amélioration de la capacité de racinement avec l'augmentation de la hauteur de taille.*

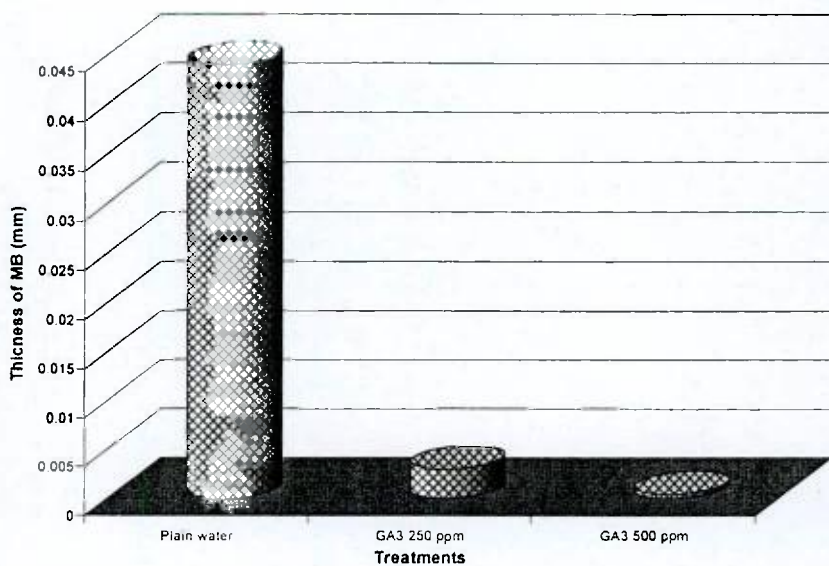


Fig. 2. Thickness of MB as influenced by GA3.

*Fig. 2. Epaisseur de MB sous l'influence de GA3.*

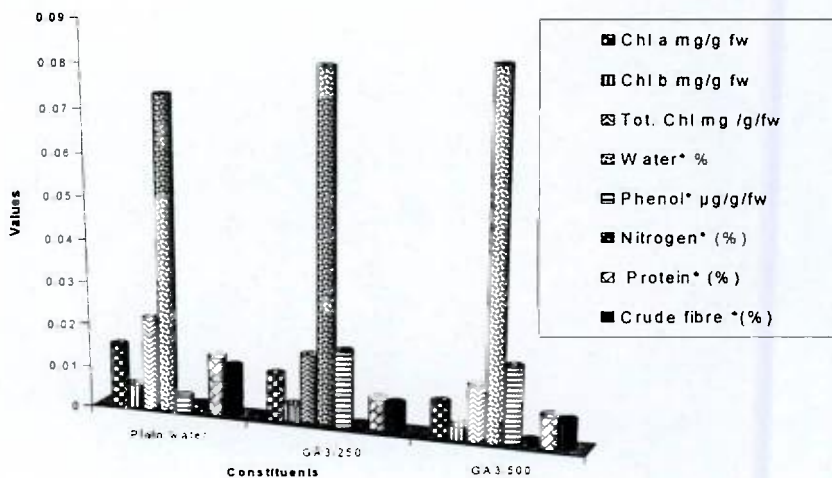


Fig. 3. Biochemical constituents as influenced by GA3.

*Fig. 3. Constituents biochimiques sous l'influence de GA3.*

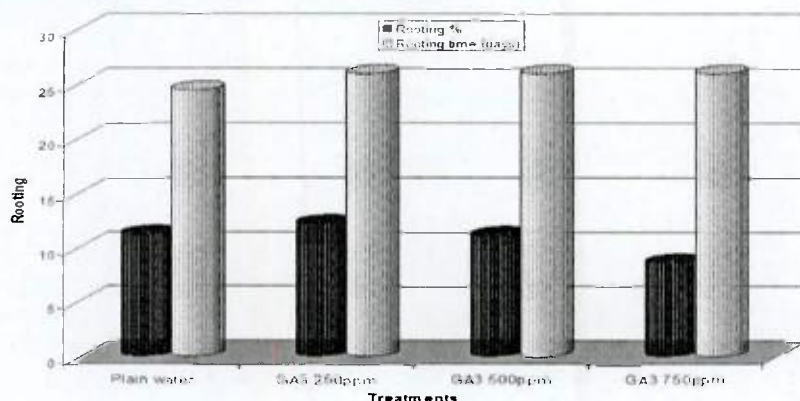


**Fig. 4. Rootability as influenced by exogenous application of GA<sub>3</sub>.**

*Fig. 4. Capacité de racinement sous l'influence de l'application exogène de GA<sub>3</sub>.*

It is very clear from the data that GA<sub>3</sub> application was very effective in inducing the rootability in shoot cutting of *Terminalia arjuna*. Rootability has been invariably very high in GA<sub>3</sub> sprayed sets compared to plain water sprayed sets e.g. during 3 year experiments, rooting at 15 cm height in GA<sub>3</sub> sprayed sets has been as high as 86.6% against 11.6 % of their water treated counterparts i.e a rise of 646.55%.

It can also be seen from Fig 1 that efficacy of GA<sub>3</sub> has a clear relation with pruning height was especially more on higher level of pruning than lower levels. It could also induce rootability at the heights at which there was no rooting at all without GA<sub>3</sub> and even in the un-pruned (Table I). Some variations were noticed in different years in the same treatment, however trend remained the same.

#### **Anatomical studies:**

The perusal of Fig. 2 indicates that thickness of collenchymatous and sclerenchymatous layers (MB) is much lower in GA<sub>3</sub> treated sets. The MB layer in GA<sub>3</sub> 500 ppm is 90.9% thinner than water treated sets. This thinning may be attributed to more cell elongation. Sinha *et al.*, (2001) have found a direct correlation between the thickness of collenchymatous and sclerenchymatous layers and rooting. So, naturally this effect of GA<sub>3</sub> is very useful in inducing the rootability in branches / cuttings made out of these branches.

#### **Biochemical constituents:**

Fig. 3 depicts the values of various biochemical constituents. The values of water, phenol, nitrogen, protein and crude fibres are adjusted by dividing by 1000 before putting into the figure. The Fig indicates that with GA<sub>3</sub> application, the contents of Chlorophyll a, b, and total have registered a clear decline. The amount of protein and crude fibres have also shown decline, however, phenol and water contents have registered a rise. These findings indicate that GA<sub>3</sub> weakens the photosynthetic efficiency by decreasing the chlorophyll and the photosynthates are mainly utilized in elongation rather than thickening thus producing less amount of fibre tissues.

GA<sub>3</sub> induced reduced fibre tissues, high level of phenol and high water contents is a situation generally associated with juvenile plants.

So, it can be concluded that GA<sub>3</sub> plays a crucial role in inducing rootability through inducing juvenility. The juvenility coupled with lesser amount of MB is conducive to better rootability. The GA<sub>3</sub> induced elongation is in conformity with the findings of Hartman and Kester, (1986) Robbins, (1960) also observed that Gibberellins spray caused substantial stimulation of growth and reversion of the branches to juvenile stage. Stoutemyer *et al* (1961) also found an improvement in rooting in cuttings taken from GA<sub>3</sub> sprayed plants.

#### Experiment 2: Rootability as influenced by presoaking the cuttings in GA<sub>3</sub>.

Fig. 4 suggests that presoaking the cuttings in lower GA<sub>3</sub> levels does not influence the rooting as the rooting in water and GA<sub>3</sub> presoaked sets has been almost at par, however at higher concentration there a decline in rootability. This suggest that GA<sub>3</sub> as such do not take part in root formation but brings in the rootability by changing anato-physio-biochemical status of the branches and for this it needs to be applied in advance during the development of branches and its instant application is of little use. Inhibition of rooting by GA<sub>3</sub> is due to direct local effect that prevents the early cell division, involved in transformation of mature stem tissues to meristematic conditions (Anand and Heberlein, 1975)

### CONCLUSION

The chemo-physical treatment i.e spraying the sprouts induced by de-topping can be well exploited for true to type clonal multiplication of this very difficult to root tasar food plant species

### ACKNOWLEDGMENT

The authors are thankful to Dr S. K. Choudhary, Deputy Director (Retired) Chemistry Section of the Institute in helping in some of the biochemical estimations

### REFERENCES

- ANAND, V. K. AND HEBERLEIN, G.T. (1975) Seasonal changes in the effects of auxins on rooting in stem cuttings of *Ficus infectoria*. *Physiol. Plantarum*. 34:330-34
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC) (1955) Official methods of analysis. 8<sup>th</sup> Edition Washington.
- BOSE, T. K., MUKHERJEE, T. P. AND ROY, T. (1975); Standardization under mist, effect of type of wood and size of cutting on the root formation. *The Punjab Hortic J.* 15(3 & 4): 139 - 143.
- HARTMANN, H.T. AND KESTER, D. E. (1976); Anatomical and physiological basis of propagation by cuttings. In "Plant propagation principles and practices" Prentice Hall of India, Pvt. Ltd. New Delhi
- KEY, J. L. (1969) Hormones and nucleic acid metabolism. *Ann. Rev. Plant. Phys* 20:449-74
- LIBBY, W. J., BROWN, A. G. AND FIELDING, J.M. (1972) Effect of hedging on radiata pine on production, rooting and early growth of cuttings. *New Zealand Jour. For. Sci.* 2(2):263-83.
- ROBBINS, W.J. (1960) Further observation on juvenile and adult *Hedera*. *Amer. Jour. Bot* 47:485-91
- SADHU, M.K. (1989) Propagation on its own root system In "Plant propagation" pp173 -194 Wiley Eastern Ltd. New Delhi

- SINHA P. S., BECK S., JOSHI M. C., GANGOPADHYAY A., SINHA A. K. AND SINHA B.R.R.P. (2003): Studies on the factors, controlling the pace of development of the tissues, hampering the regeneration of *Terminalia arjuna* (Bedd) through cuttings. *Sericologia* , 43 (4):507-514
- SINHA, P. S, BECK, S., RAM KUMAR, SINHADEO S. N., BARDAIYAR, V. N AND SURYANARYANA , N. (2005) Biochemical basis of root induction in shoot cuttings of *Terminalia arjuna* (Bedd), a primary food plant of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* 'D'-Role of phenol in root formation. *Sericologia* 47(3):317-325
- SINHA, P.S., JOSHI M. C., BECK S., KHARE, R., GANGOPADHYAY, A., SINHA, A.K., SINHA, B.R.R.P. AND THANGAVELU, K. (2001); Identification and tackling the factor, hindering the regeneration of *Terminalia arjuna* through cuttings – A breakthrough. *Serico logia*, 41(2) 291 – 295.
- SINHA, P.S., KUMAR, A AND KUMAR P.(1981): A rapid method for chlorophyll determination. *Pak . J. Bot Pakistan* 13(1):103-106.
- STOUTEMYER, V.T., BRITT, O.K., AND GOODIN, J.R. (1961) The influence of chemical treatments ,under stocks and environment on growth phase changes and propagation of *Her ra canariensis*. *Proc .Amer. Soc. Hort. Sci* 77:552-57.
- VOGEL, A.I. (1978) A text book of quantitative inorganic analysis including elementary, instrumental analysis. 4<sup>th</sup> Edition Longman Group Ltd. London 926 pp

## ECIMAGE ET GA<sub>3</sub>, DEUX OUTILS PUISSANTS POUR INDUIRE LE RACINEMENT DES BOUTURES DE *TERMINALIA ARJUNA* (BEDD), PAR L'INDUCTION DE LA JUVENILITE

P. S. SINHA, M. K. SINGH, B. M. K. SINGH & N. B. VIJYA PRAKASH

Central Tasar Research and Training Institute, P. O. Piska Nagri, Ranchi 835 303, Jharkhand,  
Inde.

*L'induction de racines chez les boutures est un processus complexe qui implique les caractéristiques des tissus, les aspects physiologiques et biochimiques des boutures ainsi que ceux de plants mères chez qui on prend les boutures. En plus des conditions réelles qui existent pendant le racinement des boutures, n'importe quel élément peut donc influencer la croissance et le développement du plant mère et plus particulièrement le développement des branches utilisées pour faire les boutures, peut influencer leur potentiel de racinement. Terminalia arjuna, la plante hôte primaire du ver à soie tropical sauvage, Antheraea mylitta, est considérée comme l'une des plantes les plus difficiles à raciner.*

*Parmi les différents facteurs que l'on a identifiés qui entraînent un mauvais ou pas de racinement, chez cette espèce de plante, on a aussi identifié la juvénilité et le développement des tissus mécaniques qui servent de barrière mécanique et la maturité comme certains des facteurs qui contrôlent l'induction des racines chez T. arjuna. On sait que l'élagage de la cime et de l'acide gibbérélique (GA<sub>3</sub>) induisent la juvénilité. Cet article présente les résultats de trois années d'étude sur les effets du GA<sub>3</sub> et de l'élagage de la cime (taille radicale) sur la juvénilité (c'est-à-dire un ensemble spécial de conditions anato-bio-chimiques) de branches de Terminalia arjuna venant de se développer et aussi sur la capacité de racinement des boutures réalisées à partir de ces branches. L'étude révèle que la vaporisation de GA<sub>3</sub> sur les jeunes pousses s'étant développées après l'élagage de la cime a entraîné la diminution de la quantité de tissus mécaniques, la baisse de la teneur en chlorophylle et l'augmentation du phénol et de la teneur en eau, des conditions que l'on trouve chez les branches juvéniles typiques. Lors d'études sur la capacité de racinement, on a constaté que ces branches présentent un racinement très élevé. L'étude révèle aussi que le GA<sub>3</sub>, en tant que tel, ne prend pas part à la formation des racines, mais apporte la capacité de racinement en changeant la condition anato-physio-biochimique des branches et pour cela il faut l'appliquer à l'avance pendant le développement des branches et son application instantanée n'a pas beaucoup d'utilité. On peut exploiter ce traitement physio-chimique, c'est-à-dire la vaporisation des jeunes pousses obtenues par la taille en vue d'une multiplication clonale conforme de cette espèce de plante hôte tasar très difficile à raciner.*

## INTRODUCTION

L'induction de racines dans les boutures est un processus complexe qui implique les caractéristiques des tissus, les aspects physiologiques et biochimiques des boutures et des plants mères chez qui les on prend les boutures. En plus des conditions qui existent pendant le racinement des boutures, n'importe quoi peut donc influencer la croissance et le développement du plant mère et plus particulièrement le développement des branches utilisées pour faire les boutures, peut influencer leur potentiel de racinement. *Terminalia arjuna*, est la plante hôte primaire du ver à soie tropical sauvage, *Antheraea mylitta*, qui a été taxée comme l'une des plantes les plus difficiles à raciner (Sinha et coll., 2003) puisque les efforts réalisés auparavant au *Central Tasar Research and Training Institute*, Nagri, Ranchi, en Inde pendant presque 35 ans n'ont pas donné grand-chose et que la plupart des expérimentations ont échoué (Sinha et coll., 2001). Le racinement est un phénomène contrôlé par un certain nombre de facteurs génétiques, anatomiques, physiologiques et biochimiques ou par une combinaison de deux facteurs ou plus (Sinha et coll., 2003a). De nombreux facteurs internes comme l'âge de la plante souche, la maturité des tissus, etc. influencent aussi le racinement (Bose et coll., 1975). Récemment, on a obtenu des avancées dans le domaine de la régénération de *Terminalia arjuna* par des boutures et on a identifié dans une large mesure la raison des échecs de racinement. Parmi les différents facteurs, on a identifié le développement de tissus mécaniques, dont la maturité sert de barrière mécanique à l'émergence des racines (Sinha et coll., 2001) et les conditions physiologiques et biochimiques favorables (un ensemble spécial de conditions anato-physio-biochimiques qui existent pendant la jeunesse), c'est-à-dire la juvénilité comme certains des facteurs qui contrôlent l'induction des racines chez *T. arjuna*. On a aussi constaté que la teneur en phénol des plantes est étroitement liée avec le racinement et a une corrélation positive avec lui et on l'a identifiée comme un marqueur biochimique associé avec la capacité de racinement chez *T. arjuna* (Sinha et coll., 2005). Sinha et coll., (2001) ont réussi à induire plus de 80 % de racinement chez *T. arjuna* en utilisant des buissons comme matériel, maintenus dans des conditions spéciales, c'est-à-dire peu de nutriments, une humidité élevée du sol et de l'ombre, cependant quand on utilise des boutures d'arbres ayant vieilli naturellement / matures, la rhizogénèse est négligeable / ou il n'y en a pratiquement pas.

On sait que la taille induit le développement de nouvelles branches. Libby et coll., (1966) ont constaté que la taille est assez efficace pour maintenir le potentiel de racinement des boutures provenant d'arbres en cours de vieillissement, par comparaison à des arbres non taillés. L'élagage de la cime ou la taille d'un plant mature au niveau du sol entraîne le développement de nouvelles pousses à la base du plant. Ces pousses qui proviennent de tissus juvéniles du plant tendent à présenter des caractéristiques juvéniles et forment facilement des racines (Sadhu, 1989).

On sait que plusieurs régulateurs de croissance influencent l'état anatomo-biochimique des plantes et la GA3 est l'un d'eux. On sait que le GA3 induit la juvénilité. Sa vaporisation entraîne une stimulation importante de la croissance, le retour des branches vers un stade juvénile (Robbins, 1960) et l'amélioration du racinement des boutures provenant des plants vaporisés (Stoutemyer et coll., 1961). On sait que l'application de GA<sub>3</sub> entraîne l'allongement des tiges (Hartman et Kester, 1986), la mobilisation de la nourriture et le changement des propriétés osmotiques des cellules. La fonction, des gibbérellines est de réguler l'acide nucléique et la synthèse des protéines et elles pourraient interférer avec ces processus (Key, 1969). A la lumière de ces éléments, on a trouvé pertinent d'étudier l'effet d'une taille radicale / de l'élagage de la cime et du GA3 sur l'état anatomo-biochimique des pousses de *T. arjuna* et d'étudier la corrélation entre ces changements et l'induction de racines.

## MATERIELS ET METHODES

L'étude a été divisée en deux expériences.

### Expérience 1 : Capacité de racinement de *T. arjuna* sous l'influence de la taille et du GA3 :

On a réalisé cette expérience selon une conception aléatoire à deux facteurs, on prend la taille radicale (élagage de la cime) à différents niveaux comme un facteur et la vaporisation d'un régulateur de croissance comme un autre facteur. Les pousses des plants taillés à différentes hauteurs sont vaporisées avec deux concentrations différentes d'un régulateur de croissance, c'est-à-dire le GA3. Les lots témoins sont vaporisés avec de l'eau claire. On utilise les branches qui se sont développées à partir de ces pousses pour faire les boutures. Pour l'étude, le type de bouture utilisé est « la bouture de nœud foliaire », c'est-à-dire du 3<sup>ème</sup> au 4<sup>ème</sup> nœud et deux feuilles prises sur des branches d'environ 2 mois. On utilise ces boutures pour l'étude de la capacité de racinement, d'après une méthode de Sinha et coll., (2001). On réalise l'expérience pendant 3 ans.

En plus de la capacité de racinement, on procède à des études anatomiques avec la méthode décrite par Sinha et coll., (2001) ainsi qu'à des études biochimiques, à l'estimation de la chlorophylle a, b et totale avec la méthode de Sinha et coll., (1981), de l'azote avec la méthode de Kjeldahl par Vogel (1978), des fibres brutes et de la teneur en eau par les méthodes suggérées par AOAC (1955). On déduit la teneur en protéines en multipliant l'estimation de la teneur en azote par 6,25.

### Expérience 2 – Capacité de racinement sous l'influence du pré-trempe des boutures dans du GA3 :

On trempe les boutures de nœud foliaire dans une solution aqueuse à trois concentrations différentes de GA3 (50, 500 et 750 ppm), pour le témoin on les pré-trempe dans de l'eau claire et on les soumet à des études sur la capacité de racinement d'après ce qui est décrit ci-dessus.

## RESULTATS ET DISCUSSION

On recueille, on compile et on analyse les données des diverses expériences et elles sont présentées dans les figs. 1 à 4 et dans le Tableau I.

### Capacité de racinement de *T. arjuna* avec un élagage de la cime et l'application de GA3 :

Comme le montrent le Tableau I et la fig. 1, la taille et l'application de GA3 influencent la capacité de racinement.

#### Taille à différentes hauteurs :

L'ampleur du racinement enregistre clairement une tendance au déclin avec l'augmentation de la hauteur de la taille de 15 cm à 180 cm. La capacité de racinement à 15 cm de hauteur (sur la base de trois années regroupées) des lots traités avec de l'eau claire est 885,5 % plus élevée que le racinement qu'on obtient à 90 cm. Après 90 cm, il n'y a pratiquement plus de racinement pendant trois ans. On sait que la taille induit le développement de nouvelles branches. Libby et coll., (1966) ont constaté que la taille est assez efficace pour maintenir le potentiel de racinement des boutures. L'élagage de la cime ou la taille d'un plant mature au niveau du sol entraînent le développement de nouvelles pousses à la base des plants. Ces pousses qui proviennent des tissus juvéniles du plant tendent à prendre des caractéristiques juvéniles et à

former facilement des racines (Sadhu, 1989). On sait que la juvénilité est maximum quand on procède à l'élagage de la cime au niveau du sol et son efficacité baisse avec l'augmentation de la hauteur de la taille.

Il est très clair d'après les données que l'application du GA3 est très efficace pour induire le racinement des boutures de pousses de *Terminalia arjuna*. La capacité de racinement a été invariablement très élevée chez les lots vaporisés avec du GA3 par comparaison aux lots vaporisés avec de l'eau claire pendant les 3 années de l'expérience, le racinement à 15 cm de hauteur chez les lots vaporisés avec du GA3 a atteint jusqu'à 86,6 %, contre 11,6 % chez leurs homologues traités avec de l'eau, c'est-à-dire une augmentation de 646,66 %.

On peut aussi constater d'après la Fig. 1 que l'efficacité du GA3 a une relation évidente avec la hauteur de la taille et est surtout beaucoup plus importante avec les niveaux de taille les plus élevés par rapport aux niveaux de taille plus faibles. Elle peut aussi induire une capacité de racinement aux hauteurs auxquelles il n'y avait pas du tout de racinement sans GA3 et même sans taille (Tableau I). On remarque certaines variations au cours des différentes années avec le même traitement, cependant la tendance reste la même.

#### Etudes anatomiques :

L'observation de la Fig. 2 montre que l'épaisseur des couches collenchymateuse et sclérenchymateuse (MB) est bien inférieure chez les lots traités avec du GA3. La couche MB avec 500 ppm de GA3 est 90,9 % plus fine que chez les lots traités avec de l'eau. On peut attribuer cet amincissement à un allongement plus important des cellules. Sinha et coll., (2001) ont trouvé une corrélation directe entre l'épaisseur des couches collenchymateuse et sclérenchymateuse et le racinement. Donc, naturellement, cet effet du GA3 est très utile pour induire le racinement des boutures de branches réalisées à partir de ces branches.

#### Constituants biochimiques :

La fig. 3 montre les valeurs des différents constituants biochimiques. Les valeurs de l'eau, du phénol, de l'azote, des protéines et des fibres brutes sont ajustées en les divisant par 1000 avant de les chiffrer. La Fig. indique qu'avec l'application de GA3, la teneur en chlorophylle a, b et totale enregistre une baisse évidente. La quantité de protéines et de fibres brutes présente aussi une baisse, cependant, la teneur en phénols et en eau enregistre une augmentation. Ces résultats indiquent que le GA3 affaiblit l'efficacité photosynthétique en diminuant la chlorophylle et les photosynthéates sont principalement utilisés pour l'allongement plutôt que pour l'épaississement, ce qui donne moins de tissus fibreux. Le GA3 induit une diminution des tissus fibreux, un niveau élevé de phénols et une teneur élevée en eau, ce qui est une situation généralement associée avec des plants juvéniles.

On peut donc conclure que le GA3 joue un rôle crucial pour induire la capacité de racinement par l'induction de la juvénilité. La juvénilité associée avec une quantité moins importante de MB est propice à une meilleure capacité de racinement. Le GA3 induit l'allongement, ce qui est conforme aux résultats de Hartman et Kester (1986). Robbins (1960) a aussi observé que la vaporisation de gibbéréline entraîne une stimulation importante de la croissance et le retour des branches à un stade juvénile. Soutemeyer et coll., (1961) ont aussi constaté une amélioration du racinement des boutures prises sur des plants vaporisés avec du GA3.

#### Expérience 2 :

Influence de la capacité de racinement par le pré-trempe des boutures dans du GA3.

La fig. 4 suggère que le pré-trempe des boutures dans des niveaux plus faibles de GA3 n'influence pas le racinement puisque le racinement chez les lots pré-trempe dans du GA3 et de l'eau est presque égal, cependant à une concentration plus élevée, il y a une baisse de la capacité de racinement. Cela suggère que le GA3 en tant que tel ne prend pas part à la formation des racines, mais apporte la capacité de racinement en changeant la condition anatomo-physio-biochimique des branches et pour ce faire, il faut l'appliquer à l'avance pendant le développement des branches et son application instantanée est peu utile. L'inhibition du racinement par le GA3 est due à l'effet direct local, qui empêche la division précoce de la cellule, impliquée dans la transformation des tissus matures de la tige vers un état méristématique (Anand et Heberlein, 1975).

### CONCLUSION

On peut utiliser le traitement chimio-physique, c'est-à-dire la vaporisation des pousses induites grâce à l'élagage de la cime en vue d'une multiplication clonale conforme de cette espèce de plante hôte du tassar très difficile à faire raciner.

## GENETIC DIVERSITY OF SELECTED MULBERRY (*MORUS* SPP.) GENETIC RESOURCES FOR DROUGHT RESISTANCE CHARACTERS

K. JHANSI LAKSHMI<sup>1</sup> AND S.B. DANDIN<sup>2</sup>

1. Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Thally Road, Hosur -635109, India.

2. University of Horticultural Sciences, Navanagar, Bagalkot - 587 102, India.

*An investigation was conducted on 40 mulberry accessions by imposing the drought stress to understand the nature and magnitude of genetic divergence using Mahalanobis's  $D^2$  statistics. Observations on different morpho-physiological characters and yield components were recorded under drought stress in addition to the leaf yield under non-stress and drought stress conditions.  $D^2$  analysis based on 24 characters grouped the 40 mulberry accessions studied into 8 clusters. Cluster IV is the largest cluster and comprised of 16 accessions. Highest inter cluster distance was observed between cluster IV and cluster VIII followed by cluster I and VIII. Relative water content, Electrical conductivity, potassium and sugar contents of leaf, epicuticular wax content and stress yield were important characters contributing for genetic divergence. UP, S-1, Acc.118, S-13, Ber.S-763 and Manipurilocal among indigenous and Thaibeelad, Thaimale and BR-2 among exotic accessions had high leaf yield under drought stress and also had high relative drought resistance index.*

**Keywords:** drought stress, genetic diversity, morpho-physiological characters,  $D^2$  analysis

### INTRODUCTION

Mulberry, a perennial plant belongs to the family of *Moraceae* and of the genus *Morus*, has been widely cultivated to feed silkworm *Bombyx mori* for the production of silk. Though mulberry is a perennial tree, it is cultivated as bush plantation or as dwarf tree for its foliage. In south India, mulberry is grown throughout the year and yields 60-70 t of leaves/ha/year over five crops with high yielding varieties under irrigated condition. However, under rainfed condition mulberry experiences water stress and produces very low foliage (10-15 t/ha/year) because of inadequate and erratic rainfall. A large part of sericulture practicing area falls under semi-arid tropics with rainfed conditions (Sengupta, 1988; Naidu and Singh, 1990). In these areas, rainfall is very seasonal and dry spells occur invariably at some stage of crop growth creating conditions of acute soil moisture stress. Also, due to continuous depletion of ground water resources, the irrigated areas are also becoming semi-irrigated and the total land under sub-optimal irrigation is increasing. As sericulture is spreading to almost all states in India, and also found profitable even under semi-irrigated conditions, dry farming (Gajanana and Sharma, 1990) and drought prone areas (Shoban babu, 1988, Teotia *et al.*, 1992, Usha Rani, 2007) it became imperative to develop

high yielding mulberry varieties with drought resistance to attain stability of yield in the present context of risen input costs and increasing global aridity.

Because yield and drought tolerance are controlled at separate loci (Blum, 1983; Morgan 1984), breeding for drought tolerance involves identification and transfer of morpho-physio and biochemical traits that may impart drought resistance to high yielding cultivars. In mulberry, selected germplasm accessions and progenies were screened for root characters, leaf anatomical characters, moisture retention capacity and stomatal characters under water stress and non-stress conditions (Susheelamma *et al.*, 1990; 1992). Also, maintenance of high water potential, osmotins (Drocus and Vivekanandan, 1997) and stomatal conductance (Anirban, 2010) were observed in drought resistant cultivars. Though information on genetic divergence based on different morphological and anatomical characters were reported (Mala and Sarkar, 1998; Tikader and Roy, 1999; Tikdader *et al.*, 1999) Available literature, however suggest that only limited work has hitherto been done and information on variability of different physiological parameters associated with drought resistance is limited and hence, breeders choice of the parents is limited. Genetic diversity is pre-requisite for any crop improvement programme as it helps in the development of superior recombinants and hence present study was focused on estimation of genetic diversity among selected mulberry germplasm accessions for different morpho-physiological characters under drought stress to identify suitable parents for development of drought resistant mulberry varieties.

## MATERIALS AND METHODS

This study was carried out at Central Sericultural Research and Training Institute (CSR&TI), Mysore. The experimental material consisted of 40 mulberry accessions (Table I) selected from mulberry germplasm maintained at CSR&TI, Mysore and these comprised of popular varieties, local cultivars and collections from different geographical regions through survey and explorations. Saplings of these genotypes were multiplied through stem cuttings and were planted in Randomized Block Design with 3 replications during rainy season following 90 X 90 cm spacing in pit system of plantation, as recommended for rainfed mulberry cultivation. The plantation was pruned and maintained as bush plantation with 30 cm stump height. Fertilizer dose @ 100 kg N, 50 kg P and 50 kg K /ha/yr and 10 t FYM/ha/yr as recommended for rainfed mulberry was applied. Observations were initiated after the establishment period of one year.

### Imposition of drought stress in the field:

One irrigation just before pruning and second irrigation 20 days after pruning during fertilizer application were given during non-rainy period (February to April) for the entire crop growth period of 70 days. Irrigation was withheld at 25 days of pruning in order to impose moisture stress. This stress is similar to the farmers' conditions of rainfed mulberry cultivation where farmers prune the mulberry garden after the on set of monsoon rains, perform intercultural operations and apply the fertilizers after sprouting and immediately after the rain to make use of the soil moisture. This stress facilitates to observe the genotypic responses to drought stress since time is a crucial component for expression of stress adaptation genes like genes for osmotic adjustment. Very rapid desiccation does not allow sufficient time for accumulation of solutes for osmotic adjustment even though tissue water status may be reduced appreciably. Similar stress was imposed in other crops (Singh & Choudhury, 2003; Yogameenakshi *et al.*, 2003).

Table I. Details of origin of mulberry accessions used in the experiment .

Tableau I. Données concernant l'origine des variétés de mûrier utilisées dans l'expérience

| S. No.         | Accession Name       | Country/State         | Origin            |
|----------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| No.<br>d'ordre | Nom de la variété    | Pays / Etat           | Origine           |
| 1              | S-146                | West Bengal, India    | OPH selection     |
| 2              | Kanva-2              | Karnataka, India      | OPH selection     |
| 3              | S-1                  | Burma / Birmanie      | Clonal selection  |
| 4              | RFS-135              | Karnataka, India      | Selection         |
| 5              | Sujanpur-5           | Punjab, India         | OPH selection     |
| 6              | ACC.108              | India / Inde          | CPH selection     |
| 7              | Khurkhul             | Manipur, India        | Collection        |
| 8              | Ber. S-763           | West Bengal, India    | OPH selection     |
| 9              | ACC-165              | Japan / Japon         | Exotic collection |
| 10             | ACC-123              | Japan / Japon         | Exotic collection |
| 11             | LF-1                 | Uttar Pradesh, India  | Clonal selection  |
| 12             | Mysore local         | Karnataka, India      | Collection        |
| 13             | RFS-175              | Karnataka, India      | Selection         |
| 14             | Ber.S-779            | West Bengal, India    | OPH selection     |
| 15             | Acc.152              | Japan / Japon         | Collection        |
| 16             | MR-2                 | Tamil Nadu, India     | Clonal selection  |
| 17             | BR-2                 | Thailand / Thaïlande  | Collection        |
| 18             | Thai beelad          | Thailand / Thaïlande  | Collection        |
| 19             | Thaimale             | Thailand / Thaïlande  | Selection         |
| 20             | Punjab local         | Punjab, India         | OPH selection     |
| 21             | Matigara black       | West Bengal, India    | Collection        |
| 22             | Acc.411              | West Bengal, India    | Selection         |
| 23             | Assama bola          | Assam, India          | Clonal selection  |
| 24             | Fernodias            | Paraguay              | Collection        |
| 25             | Philippines          | Philippines           | Clonal selection  |
| 26             | Miuraso              | Paraguay              | Collection        |
| 27             | KPG-I                | West Bengal, India    | Clonal selection  |
| 28             | Manipur local        | Manipur, India        | Collection        |
| 29             | Ber. S-776           | West Bengal, India    | OPH selection     |
| 30             | Kosen                | Japan / Japon         | Selection         |
| 31             | S-30                 | Karnataka, India      | Mutation          |
| 32             | S-13                 | Karnataka, India      | OPH selection     |
| 33             | S-36                 | Karnataka, India      | Mutation          |
| 34             | Acc.118              | Karnataka, India      | Selection         |
| 35             | UP (Acc.359)         | Uttar Pradesh, India  | Clonal selection  |
| 36             | MS-2                 | Uttar Pradesh, India  | Selection         |
| 37             | <i>M.multicaulis</i> | Indonesia / Indonésie | Collection        |
| 38             | Acc.244              | France                | Collection        |

Table I. (Continued....) / *Tableau I (Suite...)*.

|    |               |                  |               |
|----|---------------|------------------|---------------|
| 39 | English black | France           | CPH selection |
| 40 | V-1           | Karnataka, India | CPH selection |

India / *Inde*. West Bengal / *Bengale occidentale*. OPH selection / *Sélection OPH*. Clonal selection / *Sélection clonale*. Exotic collection / *Collection exotique*.  
CPH selection / *Sélection CPH*.

#### Observations recorded:

Observations on different physiological parameters were recorded after 60 days of pruning i.e after 35 days of imposition of water stress. Leaf yield and yield components were recorded 65 - 70 days after pruning.

Observations on sprouting were recorded from 7<sup>th</sup> day after pruning and time taken for sprouting above 75% of the plants in the accession was recorded as days to sprouting. SLA for each genotype was estimated from leaf area and leaf dry weight in a sample used for leaf area and moisture content estimations by using the formula:

$$\text{SLA (cm}^2/\text{g dwt)} = (\text{Leaf area} / \text{Leaf dry weight})$$

Five plants from each genotype were tagged at the top most portion of the shoot (above the fully expanded leaf) 5 days after imposition of drought stress and growth during drought stress was recorded.

Relative water content was recorded using 20 leaf discs from fully expanded leaf and leaf just below the fully expanded leaf as per the method of Barrs and Weatherley (1962),  $\text{RWC (\%)} = (\text{FW}-\text{DW})/(\text{TW}-\text{DW}) \times 100$

where, FW is fresh weight of leaf discs, TW is the turgid weight of leaf discs after immersing in water for 4 hours at room temperature and DW is dry weight after drying at 85°C for 3 days.

To measure electrolytes leakage, 0.15 g of leaves (10-12 leaf discs) were washed with deionized water, put in test tubes containing 40 ml of deionized water. Leaf discs were shackled on a rotary shaker and washed with deionized water to remove the solution from the damaged cells (Blum and Ebercon, 1981). The leaf discs were then placed in test tubes containing 15 ml of deionized water and shaken for 30 min. The conductivity of the solution was then measured using a conductivitymeter.

Stomatal imprint technique was used to record the stomatal frequency and was calculated by using the formula:

$$\text{Stomatal frequency} = (\text{No. of stomata}/\text{mm}^2)$$

For measuring the water use efficiency (WUE), leaves were collected from fifth to seventh position from the top. The leaves were dried in the oven at 70°C for three days and were made into a fine powder. The  $\Delta^{13}\text{C}$  of accessions were measured by using IRMS (Isotope ratio mass spectrophotometer) maintained in the Department of Crop Physiology, University of Agricultural Sciences, Bangalore.

Leaf senescence was recorded at the end of crop at the time harvest (65 days after pruning). Length of leaf less portion from the base of longest shoot was recorded while recording length of longest shoot and ratio of leaf less portion to the total length of the longest shoot was recorded to quantify the leaf senescence.

Leaf epicuticular wax estimated by using a colorimetric assay (Ebercon *et al.*, 1977). Free proline content was measured according to Bates *et al.*, (1973) from the fresh leaves. Potassium (Jackson, 1967) and total sugars (Clark *et al.*, 1964) were estimated from the dry leaf powders.

Data on leaf yield and yield components viz., no. of branches/plant, length of the longest shoot, total shoot length, leaf area/plant, biological yield (above ground) and leaf yield were recorded after 65 days of pruning and within 70 days i.e. at the end of the crop.

Drought resistance index was calculated as per Blum, 2000

$$DRI = (Gs/Gi)/(Ms/Mi)$$

where genotype yield under stress (Gs) and non-stress (Gi) is normalized for mean yield of all genotypes under stress (Ms) and non-stress (Mi). Values above 1 indicate a relative resistance as compared with the mean of the population

#### Root characters:

For observing the root characters, 5 cuttings were planted for each genotype in the brick structure (1.5 m height) filled with soil, sand and FYM in 2:1:1 ratio and observations on number roots, root shoot ratio by length and root shoot ratio by weight were recorded at 90 days after planting.

#### Leaf yield/plant (g) under non-stress:

During rainy period the leaf yield was recorded similar to stress period and presented as leaf yield during non-stress.

#### Statistical analysis:

In order to assess the genetic diversity among the 40 genotypes, Mahalanobis  $D^2$  statistics was used following the procedure given by Rao (1952). The grouping of genotypes into clusters was done using Tocher's method as described by Rao (1952).

## RESULTS AND DISCUSSION

Mahalanobis's  $D^2$  analysis grouped 40 mulberry accessions into 8 clusters (Table II) on the basis of their genetic divergence.

#### Clustering

Among different clusters, Cluster IV consisted of maximum number of accessions (16) followed by the cluster I (10 accessions) and cluster II (6 accessions). Cluster III comprised 4 genotypes and cluster V, VI, VII and VIII had one accession each i.e. Acc.244, Mysore local, *M. multicalis* and Kosen were formed separate clusters. The pattern of group constellation proved the existence of significant amount of variability among the accessions with respect to different morpho-physiological characters contributing to drought resistance. The clustering pattern also revealed that the clustering did not follow with respect to origin. Therefore, the genetic diversity found among the genotypes belonging to same geographical origin might be due to differences in adaptation, selection criteria, selection pressure and environmental conditions (Maurya and Singh, 1977, Vivekanadan and Subramanian, 1993, Nayak *et al.*, 2004).

Table II. Grouping of mulberry accessions into different clusters.

Tableau II. Rassemblement des variétés de mûrier dans différents groupes.

| Cluster | Accessions                                                                                                                                                   |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Groupe  | Variétés                                                                                                                                                     |
| I       | Fernandez, Philippines, Ber-411, Ber S-776, Ser-779, Acc. 118, MS-2, RFS- 175, RFS- 135, Sujapur 5                                                           |
| II      | KPG-1, S-36, K-2, ACC. 152, ACC.165, MR-2                                                                                                                    |
| III     | S 146, Acc. 123, Assama bola, Miruso                                                                                                                         |
| IV      | Thaimale, S-30, Mattigara black, Acc. 277, Thai beelad, S-13, S-1, English Black, V-1, Punjab Local, Ber S-763, UP 359, LF-1, Manipuri Local, Acc. 108, BR-2 |
| V       | Acc. 244                                                                                                                                                     |
| VI      | Mysore Local                                                                                                                                                 |
| VII     | <i>M. multicaulis</i>                                                                                                                                        |
| VIII    | Kosen                                                                                                                                                        |

Table III. Average intra (bold) and inter cluster distances.

Tableau III. Distances intra (en gras) et inter groupes moyennes.

| Cluster |               |               |               |                |          |          |          |          |
|---------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| Groupe  | I             | II            | III           | IV             | V        | VI       | VII      | VIII     |
| I       | <b>559.92</b> | 2156.38       | 1214.12       | 1176.32        | 2281.32  | 2231.05  | 1062.10  | 3940.77  |
| II      |               | <b>761.63</b> | 1613.77       | 2720.11        | 1133.02  | 1570.53  | 2593.09  | 1150.37  |
| III     |               |               | <b>767.08</b> | 1914.45        | 1495.38  | 1648.93  | 2579.46  | 3251.92  |
| IV      |               |               |               | <b>1151.11</b> | 2433.9   | 3574.47  | 1984.97  | 4200.78  |
| V       |               |               |               |                | <b>0</b> | 2344.99  | 3731.53  | 1741.29  |
| VI      |               |               |               |                |          | <b>0</b> | 3245.21  | 3760.76  |
| VII     |               |               |               |                |          |          | <b>0</b> | 3708.21  |
| VIII    |               |               |               |                |          |          |          | <b>0</b> |

Table IV. Cluster mean values for different morpho-physiological characters and yield components.

Tableau IV. Valeurs moyennes des groupes pour différents caractères morpho-physiologiques et composantes de rendement.

| Cluster/<br>Character |         |        |         |          |        |         |         |        |
|-----------------------|---------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|--------|
| Groupe /<br>Caractère | I       | II     | III     | IV       | V      | VI      | VII     | VIII   |
| 1                     | 11.77   | 13.5   | 14.42   | 11.81    | 13     | 13      | 11.33   | 16.33  |
| 2                     | 9       | 5.83   | 6.75    | 10.19    | 4.33   | 7       | 5.67    | 5.33   |
| 3                     | 13.7    | 11.22  | 10.33   | 13.94    | 4.67   | 13      | 10.67   | 5.33   |
| 4                     | 101.4   | 68.94  | 85.67   | 106.38   | 62.33  | 85      | 73.67   | 40.33  |
| 5                     | 423.67  | 202.5  | 228.33  | 544.17   | 86.67  | 228.33  | 336.67  | 45     |
| 6                     | 1458.6  | 794.39 | 888.92  | 1505.23  | 291.67 | 1045    | 788.67  | 220.67 |
| 7                     | 32.32   | 48.68  | 51.91   | 23.24    | 31.88  | 63.43   | 24.13   | 65.31  |
| 8                     | 136.09  | 144.19 | 127.07  | 124.92   | 179.83 | 157.17  | 140.61  | 138.33 |
| 9                     | 11697.6 | 5750   | 4919.58 | 13875.31 | 2006   | 5031.67 | 9784.33 | 638.67 |
| 10                    | 62.44   | 61.93  | 63.01   | 63.89    | 61.26  | 58.29   | 66.12   | 62.25  |
| 11                    | 2.44    | 1.35   | 1.12    | 3.11     | 1.12   | 1.26    | 2.33    | 1.05   |
| 12                    | 2.02    | 1.65   | 1.48    | 2.06     | 1.5    | 1.34    | 2.53    | 1.94   |
| 13                    | 9.11    | 8.6    | 8.81    | 9.99     | 8.53   | 6.62    | 10.83   | 8.71   |
| 14                    | 702.17  | 745.78 | 809.58  | 697.71   | 730.67 | 573.33  | 567.67  | 764    |
| 15                    | 140.71  | 156    | 125.16  | 256.8    | 85.15  | 73.04   | 155.46  | 133.29 |
| 16                    | 21.15   | 21.47  | 21.98   | 21.21    | 21.91  | 22.56   | 20.45   | 20.92  |
| 17                    | 73.41   | 60.12  | 71.09   | 71.7     | 60.68  | 68.34   | 70.37   | 50.63  |
| 18                    | 1.07    | 0.49   | 0.61    | 1.3      | 0.3    | 0.85    | 0.97    | 0.08   |
| 19                    | 6.2     | 8      | 4.92    | 8.42     | 3.67   | 14.67   | 8.33    | 5.33   |
| 20                    | 0.64    | 0.81   | 0.74    | 0.78     | 0.45   | 0.89    | 0.67    | 0.91   |
| 21                    | 0.12    | 0.12   | 0.09    | 0.15     | 0.12   | 0.17    | 0.14    | 0.15   |
| 22                    | 0.11    | 0.13   | 0.11    | 0.09     | 0.07   | 0.15    | 0.14    | 0.12   |
| 23                    | 648.5   | 677.5  | 569.17  | 792.71   | 606.67 | 380     | 756.67  | 616.67 |
| 24                    | 200.33  | 97.22  | 99.58   | 291.5    | 51.67  | 93.33   | 213.33  | 15     |

1. Days to sprouting / Nombre de jours avant le débourrage. 2. Growth during stress period (cm) / Croissance pendant la période de stress (cm). 3. Number of branches / Nombre de branches. 4. Length of longest shoot (cm) / Longueur de la pousse la plus longue (cm). 5. Biological yield (g) / Rendement biologique (g). 6. Total shoot length (cm) / Longueur totale de la pousse (cm). 7. Leaf senescence (%) / % de senescence de la feuille. 8. Specific leaf area (cm<sup>2</sup>/g dwt) / Surface foliaire spécifique (cm<sup>2</sup> / g pds s.). 9. Leaf area/plant (cm<sup>2</sup>) / Surface foliaire / plant (cm<sup>2</sup>). 10. Moisture content (%) / Teneur en eau (%). 11. Proline content (mg/ g fwt) / Teneur en proline (mg / g pds. f.). 12. Potassium content (%) / Teneur en potassium (%). 13. Total sugars (%) / Ensemble des sucres (%). 14. Stomatal frequency / Fréquence stomatique. 15. Epicuticular wax / Cire épicuticulaire. 16.  $\Delta^{13}C$ . 17. RWC(%). 18. DRI. 19. No. of roots/sapling / Nbre de racines / jeune plant. 20. Root shoot ratio by length / Ratio racine pousse sur la longueur. 21. Root shoot ratio by weight / Ratio racine pousse au poids. 22. Electrical conductivity / Conductivité électrique. 23. Leaf yield during non-stress (g) / Rendement foliaire en absence de stress (g). 24. Stress leaf yield (g) / Rendement foliaire en cas de stress (g).

**Average intra and inter cluster distances:**

The inter cluster distances between 8 clusters showed that the maximum genetic diversity was evident between cluster IV and VIII (Table III) followed by I and VIII. The genotypes in cluster IV had high yield potential and also had desirable physiological parameters for drought resistance whereas cluster VIII comprises the most drought susceptible genotype. The minimum genetic divergence was between II and V followed by II and VIII. Intra-cluster distance was maximum in cluster IV

**Table V. Matrix of principal components of the variables for 40 mulberry accessions.****Tableau V. Matrice des principales composantes des variables pour 40 variétés de mûrier.**

| Variable                                                              | PC I   | PC II  | PC III | PC IV  | PC V   |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Days to sprouting                                                     | 0.094  | 0.039  | 0.026  | 0.280  | 0.016  |
| <i>Nbre de jours jusqu'au débourrage</i>                              |        |        |        |        |        |
| Growth during stress period                                           | -0.076 | -0.025 | 0.017  | -0.089 | -0.062 |
| <i>Croissance pendant la période de stress</i>                        |        |        |        |        |        |
| Number of branches / <i>Nombre de branches</i>                        | -0.038 | -0.018 | -0.005 | -0.039 | 0.065  |
| Length of longest shoot / <i>Longueur de la pousse la plus longue</i> | -0.075 | -0.020 | -0.015 | -0.088 | -0.061 |
| Biological yield / <i>Rendement biologique</i>                        | -0.082 | 0.036  | 0.017  | -0.091 | -0.022 |
| Total shoot length / <i>Longueur totale de la pousse</i>              | -0.002 | -0.004 | -0.010 | -0.007 | -0.075 |
| Leaf senescence / <i>Sénescence de la feuille</i>                     | 0.040  | -0.037 | 0.021  | 0.043  | 0.041  |
| Specific leaf area / <i>Surface spécifique de la feuille</i>          | 0.097  | -0.112 | 0.040  | -0.186 | 0.359  |
| Leaf area/plant / <i>Surface foliaire / plant</i>                     | -0.009 | 0.024  | 0.005  | -0.009 | 0.065  |
| Moisture content / <i>Teneur en eau</i>                               | -0.047 | 0.055  | 0.024  | 0.016  | -0.014 |
| Proline content / <i>Teneur en proline</i>                            | -0.297 | 0.202  | 0.042  | -0.312 | 0.011  |
| Potassium content / <i>Teneur en potassium</i>                        | -0.254 | 0.397  | -0.372 | 0.062  | 0.443  |
| Total sugars / <i>Ensemble des sucres</i>                             | -0.248 | 0.355  | -0.185 | 0.078  | 0.088  |
| Stomatal frequency / <i>Fréquence stomatique</i>                      | 0.066  | -0.061 | 0.180  | 0.396  | 0.628  |
| Epicuticular wax content / <i>Teneur en cire épicuticulaire</i>       | -0.053 | 0.064  | 0.245  | -0.295 | 0.244  |
| $\Delta 13C$                                                          | 0.146  | -0.259 | 0.108  | 0.216  | 0.141  |
| RWC                                                                   | -0.727 | -0.612 | -0.091 | 0.107  | 0.048  |
| DRI                                                                   | -0.124 | -0.055 | -0.119 | -0.055 | -0.005 |
| No. of roots/sapling. / <i>Nbre de racines / jeune plant</i>          | 0.039  | -0.092 | 0.107  | -0.509 | 0.373  |
| Root shoot ratio by length                                            | 0.121  | 0.011  | 0.099  | 0.122  | 0.077  |
| <i>Ratio racines pousses sur la longueur</i>                          |        |        |        |        |        |
| Root shoot ratio by weight / <i>Ratio racines pousses en poids.</i>   | -0.118 | -0.037 | -0.012 | 0.169  | -0.054 |
| Electrical conductivity / <i>Conductivité électrique</i>              | 0.365  | -0.352 | -0.729 | -0.116 | 0.122  |
| Leaf yield during non-stress / <i>Rendement foliaire sans stress</i>  | -0.084 | 0.244  | -0.225 | 0.304  | -0.008 |
| Stress leaf yield / <i>Rendement foliaire en cas de stress</i>        | 0.005  | -0.084 | 0.304  | 0.197  | 0.065  |
| % Variation / <i>% de variation</i>                                   | 43.292 | 17.563 | 15.687 | 6.102  | 3.469  |
| Cumulative variation / <i>Variation cumulative</i>                    | 43.292 | 60.855 | 76.542 | 82.643 | 86.113 |

**Cluster means:**

Cluster means of 8 clusters for 24 character studied (Table IV). Cluster VIII showed maximum cluster mean for days to sprouting followed by III. So accessions in these clusters were late sprouters. Mulberry accessions under cluster I and IV are early sprouters. Early vigour is advantageous under drought stress condition to make effective use of soil moisture (Kumar and JagdishRao, 2001) and to prevent losses of soil evaporation with early ground cover through foliage.

Specific Leaf Area (SLA) is inversely proportional to water use efficiency (Wright *et al.*, 1994) and moisture retention capacity of leaves. SLA was maximum in cluster V followed by VI. Accessions in cluster IV had thick leaves and hence low SLA.

Growth during stress period was found maximum in cluster IV followed by cluster I while minimum was observed in cluster V. Cluster means for RWC was high in cluster I followed by cluster IV while it was minimum in cluster VIII. RWC, which is a measure of turgidity reflected in the growth during the stress period in the present study.

Maximum cluster means for electrolyte leakages was found in cluster VI followed by cluster VII. Low electrolyte leakage which shows high cell membrane stability (Blum and Ebercon, 1981). Minimum mean for this character was found in cluster V.

Epicuticular wax load contributes significantly to minimize the cuticular transpiration and hence maintains the leaf moisture (Mamrutha *et al.*, 2010). Cluster means for epicuticular wax was maximum in cluster IV and minimum in cluster VI.

The maximum cluster means for stomatal frequency was found in cluster III and was minimum in cluster VII. The maximum cluster means for  $\Delta^{13}\text{C}$  which indicate low WUE was shown in cluster VI followed by III. The lowest cluster mean which indicate high WUE was found in cluster VII. Moisture content of the leaf is important leaf quality parameter for silkworm rearing and highest cluster means for this character was found in cluster VII.

Cluster means for leaf area/plant was maximum in cluster IV followed by cluster I. Accessions under these clusters showed increase in leaf number and leaf expansion even under moisture stress compared to other accessions. Cluster means for leaf senescence were maximum in cluster VIII followed by cluster VI whereas delayed leaf senescence was found in cluster IV. Delayed senescence plays crucial role in foliage crops like mulberry under drought stress and hence accessions with early leaf senescence as well as accessions with accelerated leaf senescence under drought conditions should be avoided in breeding programmes aimed at drought resistance.

Accumulation of compatible solutes like proline, potassium and sugars helps the plants for osmotic adjustment to maintain the turgidity of the cells and hence growth under drought stress conditions. The cluster mean for proline content was maximum in cluster IV while minimum in cluster VIII. Maximum cluster means for potassium and sugars was shown by cluster VII.

Cluster means for important yield components viz., number of branches, length of longest shoot, total shoot length and biological yield were high in cluster IV followed by cluster I. Cluster means for leaf yield/plant under drought stress was maximum in cluster IV followed by cluster VII.

Maximum cluster mean for number of roots and root-shoot ratio by weight was found in cluster VI. DRI, which characterizes the yield stability between two environments, was maximum for DRI in cluster IV followed by cluster I. DRI values above 1 indicate a relative resistance as compared with the mean of the population.

Principal component analysis gave supplementary information on the usefulness of the characters for definition of the groups (Table V). The first three principal vectors contributed to 76% of the variance. In the first vector, which accounts for 43% of the variance, the most

important characters responsible for genetic divergence in the major axis of differentiation were RWC and EC. In the second vector (17% of the variation), the important characters responsible for genetic divergence were the K and Sugar, while in the third vector (16% of the variation), wax and stress leaf yield were the important characters.

The  $D^2$  technique based on multivariate analysis developed by Mahalanobis (1936) had been found to be a potent tool in quantifying the degree of divergence in germplasm. However, while considering genetic diversity among parents to be included in the hybridization programme, parents with high yielding potential and wide genetic diversity are likely to yield superior segregants (Roy and Panwar, 1993).

Cluster VIII followed by cluster V, III and II contains more susceptible accessions for drought stress. These should be avoided in mulberry breeding programmes aimed at developing high leaf yielding varieties under drought stress as they have many negative features such as accelerated senescence and more stomata which leads to poor performance under drought stress. Also, plant features which helps for better adaptability like early sprouting, osmotic adjustment (accumulation of compatible solutes viz., proline, potassium and sugars) and cell membrane stability (low electrolyte leakage) are not present. In the present study, the exotic accessions of Japanese and France origin showed highly susceptible reaction to drought while those Thailand origin showed resistance to drought.

Cluster means for different characters clearly shows that accessions of cluster IV had better osmotic adjustment in terms of solute accumulation as well as its reflection as growth during stress period which helped to produce more biomass in turn the leaf yield during moisture stress conditions by maintaining more favorable water balance. They also had high yield potential both under stress and non-stress conditions. possess desirable plant features like early sprouting, delayed senescence, thick leaves, epicuticular wax which help the plants for better adaptation under drought stress and hence can be used in breeding programmes aimed at drought resistance.

Accessions under Cluster VII can be used as parent to cross with accession under cluster IV (except BR-2 and Ber.763, which had broader leaves and long internodes). The progeny may have better recombinants for yield components, as well as physiological parameters and high WUE. Accessions under Cluster I were also showed some degree of drought resistance and can be used in hybridization programme with the accessions from cluster IV.

### ACKNOWLEDGEMENT

I thank Dr. M.S. Sheshashayee, Asst. Prof. and Dr. Nataraja Karaba, Asst. Prof. Department of Crop Physiology, GKVK, Bangalore for providing the facilities and helping me in analyzing the leaf samples to estimate WUE (through Isotope ratio mass spectrophotometer) and epicuticular wax.

### REFERENCES

- ANIRBAN GUHA, GIRISH KUMAR, R. and ATTIPALLI RAMACHANDRA REDDY, 2010. Drought tolerance in mulberry (*Morus* spp.): A physiological approach with insights into growth dynamics and leaf yield production. *Experimental Agriculture*, 46, pp 471-488.
- BARRS, H.D. and WEATHERLEY, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.*, 24: pp. 519-570.
- BATES, L. S., WALDREN, R. P. and TEARE, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant & Soil*, 39, p.205.
- BLUM, A., 1983. Evidence for genetic variability in drought resistance and its implications for

- plant breeding. In: Drought resistance in crops with emphasis on *rice*. Los Banos, Philippines: IRRI, pp.53-68.
- BLUM, A., 1989. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sci.*, 29, pp.230-233.
- BLUM, A., 1993. Selection for sustained production in water-deficit environments. *Crop Sci.*, 67, pp.343-347.
- BLUM, A., 2000. Towards standard assays of drought resistance in crop plants. In: Ribaut, J.M. and Poland, D (eds.) *Proceedings workshop on Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water limited environment*, CIMMYT, Mexico.
- BLUM, A. and EBERCON, A., 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci.* 21, pp.43-47.
- CLARK, J.M., 1964.: *Experimental Biochemistry*. W.H. Freeman and company, San Francisco and London.
- DROCUS, D. VENKANANDAM M., 1997. Exploitation of mulberry genotypes for drought resistance potential. *J.Seri. Science of Japan*, 66 (2), pp. 71-80.
- EBERCON, A., BLUM, A. and JORDAN, W.R., 1977. A rapid colorimetric method for epicuticular wax content of sorghum leaves. *Crop Sci.*, 17, 179-180.
- GAJANANA, T.M., and Sharma, B.M. 1990. Instability in dry land agriculture : a study of a drought-prone district in Karnataka. *Annals of Arid Zone*. 29(4), pp. 237-241.
- JACKSON, M. L., 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall of India, New Delhi.
- KUMAR and JAGDISHRAO, B.V., 2001. Registration of ICCV 96029, a Super Early and Double Podded Chickpea Germplasm. *Crop Sci.*, 41, pp. 605-606.
- MAHALANOBIS, P. C., 1936. On the generalised distance in statistics. *Proc. Natl. Inst. Sci. India* 12, pp.49-55.
- MALA, V. R. and SARKAR, A. (1998). Genetic divergence in some Indian and Exotic mulberry genotypes. *Bull. Seric. Res.*, 9: pp. 25 -29.
- MAMRUTHA, H.M., MOGILI, T., JHANSI LAKSHMI, K., RAMA, N., KOSMA, D., UDAYA KUMAR, M., JENKS, M.A. and NATARAJA, K.N. 2010. Leaf cuticular wax amount and crystal morphology regulate post-harvest water loss in mulberry (*Morus* species). *Plant physiology and biochemistry* 48(8), pp. 690-696.
- MAURYA, D.M. and SINGH, D.P., 1977. Genetic divergence in rice. *Indian J. Genet.*, 37 (3) : pp.395-402.
- MORGAN, J.M., 1984. Osmo regulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 35:pp.299-319.
- NAIDU, K.K. and SINGH, V., 1990. Impact of DPAP on psycho-social dimensions. *Journal of Rural Development*, 9(3) : pp. 531-547.
- NAYAK, A.R., CHAUDHURY, D. and REDDY, J.N. (2004). Genetic divergence in scented rice. *Oryza*, 41(384) : pp.79-82.
- RAO, C.R., 1952. *Advanced Statistical Methods in Biometrical Research*. John Wiley and sons, New York.
- ROY, A. and PANWAR, D.V.S., 1993. Genetic divergence in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Annals of Agri. Resea*, 14 (3), pp. 276-281.
- SENGUPTA, K., 1988. Ways to improve sericulture in rainfed dry semi arid areas of Karnataka and Tamilnadu. *Indian Silk*, 27(3), pp.12-16.
- SHOBAN BABU, E., 1988. Sericulture Industry can work wonders for drought prone areas of Anantapur District. *Indian Silk*, 27(7), 35-36.
- SINGH, S.P. and CHOUDHURY A.K., 2003. Selection criteria for drought tolerance in Indian

- mustard [*Brassica juncea*(L) Czern & coss]. Indian J. Genet. 63(3), pp.263-264.
- SUSHEELAMMA, B.N., JOLLY, M.S. and SENGUPTA, K., 1989. Evaluation of germplasm for stress resistance. In: Genetic resources of mulberry and utilization, p.153-158.
- SUSHEELAMMA, B.N., JOLLY, M.S., GIRIDHAR, K., SENGUPTA, K., 1990. Evaluation of germplasm genotypes for drought resistance in mulberry. Sericologia, 30, pp.327-341.
- SUSHEELAMMA, B.N., KUMAR, J.S., MOGILI, T., SENGUPTA, K., PADMA, M.N. AND SURYANARAYANA, N., 1992. Evaluation of techniques for screening for drought resistance in mulberry. Sericologia, 32(4), pp. 609-617.
- TEOTIA, R.S., SINGH, K.P. and SEN, S.K. 1992. Sericulture can meet challenges of drought in dry lands. Indian Silk, 31(6), pp. 40-44.
- TIKADER, A. and ROY, B.N.,1999. Genetic variability and character association in mulberry germplasm (*Morus* spp.). Indian J. Forestry. 22: 26 -29.
- TIKADER, A., ANAND RAO A., RAVINDRAN, S., GIRISH NAIK V., MUKHERJEE and THANGAVELU, K. 1999. Divergence analysis in different mulberry species. Indian J. of Genet., 59(1), pp. 87-93.
- USHARANI, J., 2007. Employment Generation To Women In Drought Prone Areas: A Study With Reference To The Development Of Sericulture In Anantapur District Of Andhra Pradesh. J. Soc. Sci., 14(3), pp.249-255.
- VIVEKANANDAN, P. and SUBRAMANIAN,S., 1993. Genetic divergence in rainfed rice. Oryza 30, pp. 60-62.
- WRIGHT, G.C., NAGESWARA RAO, R.C. and FARQUHAR, G.D., 1994. Water use efficiency and carbon isotope discrimination in peanut under water deficit conditions. Crop Sci., 34, pp.92-97.
- YOGAMEENAKSHI, P., NADARAJAN, N. and SHEEBA, A. 2003. Evaluation of varieties and land race for drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). Indian J. Genet, 63(4), pp.299-303.

## LA DIVERSITE GENETIQUE DE RESSOURCES GENETIQUES DU MURIER (*MORUS* SPP.) SELECTIONNEES POUR LEURS CARACTERES DE RESISTANCE A LA SECHERESSE

K. JHANSI LAKSHMI<sup>1</sup> & S. B. DANDIN<sup>2</sup>

1. Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Thally Road, Hosur – 635 109, Inde.

2. University of Horticultural Sciences, Navanagar, Bagalkot – 587 102, Inde.

*On a réalisé une étude sur 40 variétés de mûrier en imposant un stress à la sécheresse pour comprendre la nature et l'amplitude de la divergence génétique en utilisant les statistiques  $D^2$  de Mahalanobis. On enregistre les observations sur les différents caractères morpho-physiologiques et les composantes du rendement avec un stress à la sécheresse ainsi que le rendement foliaire dans des conditions sans et avec stress à la sécheresse. L'analyse  $D^2$  basée sur 24 caractères répartit les 40 variétés de mûrier en 8 groupes. Le groupe IV est le groupe le plus important et comprend 16 variétés. On observe la distance inter-groupe la plus élevée entre le groupe IV et le groupe VIII, suivis par les groupes I et VIII. La teneur relative en eau, la conductivité électrique, la teneur en potassium et en sucres de la feuille, la teneur en cire épicuticulaire et le rendement sous stress sont des caractères importants qui contribuent à la divergence génétique. UP, S-1, BR-2, Acc 118, S-13, Ber.S-763 et Manipurilocal parmi les indigènes et Thaibeelad, Thaimale et BR-2 parmi les variétés exotiques ont un rendement foliaire élevé face à un stress à la sécheresse et présentent aussi un indice de résistance élevé à la sécheresse.*

### INTRODUCTION

Le mûrier, une plante pérenne qui appartient à la famille des *Moraceae* et au genre *Morus*, est largement cultivé pour nourrir le ver à soie *Bombyx mori* pour la production de soie. Bien que le mûrier soit un arbre pérenne, il est cultivé sous forme de plantation de buissons ou comme arbre nain pour son feuillage. Dans l'Inde du sud, on cultive le mûrier toute l'année et il donne un rendement de 60 à 70 t de feuilles / ha / an sur cinq récoltes avec les variétés à rendement élevé dans des conditions d'irrigation. Cependant, dans des conditions sans irrigation, le mûrier subit un stress en eau et produit très peu de feuillage (10 à 15 t / ha / an) en raison des précipitations peu adaptées et irrégulières. Une grande partie de la zone séricicole appartient aux tropiques semi arides qui font face à des conditions sans irrigation (Sengupta, 1988 ; Naidu et Singh, 1990). Dans ces zones, les précipitations sont très saisonnières et il se produit des périodes de sécheresse invariablement à une certaine étape de culture, ce qui crée des conditions de stress aigue en humidité pour le sol. Par ailleurs, en raison de l'épuisement continu des ressources en eau du sol, les zones irriguées deviennent aussi semi-irriguées et les terres totales

sous irrigation sous-optimale augmentent. Comme la sériciculture s'étend à presque tous les Etats en Inde et s'avère aussi rentable, même dans des conditions semi-irriguées, dans les zones d'agriculture sèche (Gjanana et Sharma, 1990) et sujettes à la sécheresses (Shoban babu, 1988, Teotia et coll., 1992, Usha Rani, 2007), cela devient impératif de mettre au point des variétés à rendement élevé résistant à la sécheresse pour que le rendement devienne stable dans le contexte actuel d'augmentation du coût des intrants et d'augmentation de l'aridité mondiale.

Comme le rendement et la tolérance de la sécheresse sont contrôlés à des loci séparés (Blum, 1983 ; Morgan, 1984) le lignage pour la tolérance de la sécheresse implique l'identification et le transfert des caractères morpho-physiologiques et biochimiques qui pourraient transmettre la résistance à la sécheresse aux cultivars à rendement élevé. Chez le mûrier, on a évalué les germoplasmes et les descendances sélectionnées par rapport aux caractères racinaires, aux caractères anatomiques de la feuille, la capacité de rétention de l'humidité et aux caractères stomatiques dans des conditions avec et sans stress (Susheelamma et coll., 1990 ; 1992). On a également observé le maintien d'un potentiel en eau, d'osmotins (Drocus et Vivekanand, 1997) et de conductance stomatique (Anirban, 2010) élevés chez les cultivars résistant à la sécheresse. Bien qu'on ait rapporté des informations sur la divergence génétique basée sur différents caractères morphologiques et anatomiques (Mala et Sarkar, 1998 ; Tikader et Roy, 1999 ; Tikader et coll., 1999), la littérature disponible suggère cependant, que seules des études limitées ont été réalisées et les informations sur la variabilité de différents paramètres physiologiques associés avec la résistance à la sécheresse sont limitées et le choix de parents pour les sélectionneurs est donc limité. La diversité génétique est une condition nécessaire pour n'importe quel programme d'amélioration des cultures car elle contribue à la mise au point de recombinants supérieurs et cette étude s'est donc attachée à estimer la diversité génétique parmi les germoplasmes de mûrier sélectionnés par rapport à différents caractères morpho-physiologiques face à un stress à la sécheresse, afin d'identifier les parents adaptés pour la mise au point de variétés de mûrier résistantes à la sécheresse.

## MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été réalisée au *Central Sericultural Research and Training Institute* (CSR&TI), de Mysore. Le matériel expérimental est constitué de 40 variétés de mûrier (Tableau I) sélectionnées parmi les germoplasmes de mûrier maintenus au CSR&TI de Mysore et elles comprennent des variétés populaires, des cultivars locaux et des collections de différentes régions géographiques obtenues par des études et des explorations. On multiplie les jeunes plants de ces génotypes par des boutures de tige et on les plante dans des trous selon une conception aléatoire en blocs avec 3 répétitions pendant la saison des pluies avec un espacement de 90 × 90 × 90 cm, d'après les recommandations pour la culture du mûrier sans irrigation. On taille la plantation et on la maintient sous forme de buissons souches taillés à 30 cm. On applique une dose d'engrais de 100 kg de N, 50 kg de P et 50 kg de K an / année et 10 t de fumier de ferme / ha / année d'après les recommandations pour le mûrier sans irrigation. On procède aux observations à la fin de la période de mise en place d'une année.

### Imposition du stress à la sécheresse sur le terrain :

On procède à une irrigation juste avant la taille et à une seconde irrigation 20 jours après la taille pendant l'application des engrais au cours de la période sans pluies (février à avril) pendant toute la durée de croissance de la culture de 70 jours. On repousse l'irrigation à 25 jours après la taille afin d'imposer un stress en eau. Ce stress est similaire aux conditions de culture des mûriers sans irrigation par les fermiers, pendant lesquelles les fermiers taillent la muraie après le

début des pluies de mousson, procèdent aux opérations interculturelles et appliquent les engrais après le débouillage et immédiatement après la pluie pour utiliser l'humidité du sol. Ce stress facilite l'observation des réponses génotypiques au stress à la sécheresse puisque le temps est un élément crucial pour l'expression des gènes d'adaptation au stress, comme les gènes de l'ajustement osmotique. La dessiccation très rapide ne laisse pas suffisamment de temps pour l'accumulation des solutés pour l'ajustement osmotique, bien que le niveau d'eau dans les tissus puisse diminuer de manière appréciable. Un stress similaire a été imposé à d'autres cultures (Singh et Choudhury, 2003 ; Yogameenakshi et coll., 2003).

#### Observations enregistrées :

On enregistre les observations sur les différents paramètres physiologiques 60 jours après la taille, c'est-à-dire après avoir imposé 35 jours de stress à l'eau. On enregistre le rendement foliaire et les composantes du rendement 65 à 70 jours après la taille. On enregistre les observations sur le débouillage 7 jours après la taille et on enregistre la durée de débouillage de 75 % des plants des variétés en tant que nombre de jours jusqu'au débouillage. On estime la SLA pour chaque génotype d'après la surface foliaire et le poids de la feuille sèche chez un échantillon utilisé pour la surface foliaire et les estimations de la teneur en eau en utilisant la formule :

$$SLA (cm^2 / g \text{ pds sec}) = \text{Surface foliaire} / \text{poids de la feuille sèche}$$

On étiquette cinq plants de chaque génotype au niveau de la partie la plus haute de la pousse (au-dessus de la feuille complètement développée) 5 jours après avoir imposé le stress à la sécheresse et on enregistre la croissance pendant le stress à la sécheresse.

On enregistre la teneur relative en eau en utilisant 20 disques de feuille provenant des feuilles pleinement développées et des feuilles juste en dessous des feuilles pleinement développées, d'après la méthode de Barss et Weatherley (1962) :

$$\text{la RWC (\%)} = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

où FW est le poids frais des disques de feuilles, TW est le poids turgescent des disques de feuille après l'immersion dans l'eau pendant 4 heures à température ambiante et DW est le poids sec après les avoir séchés à 85° C pendant 3 jours.

Pour mesurer la fuite des électrolytes, on lave 0,15 g de feuilles (10 à 12 disques de feuilles) avec de l'eau déionisée, on les met dans des tubes à essai contenant 40 ml d'eau déionisée. On secoue les disques de feuilles dans une secoueuse rotative et on les lave avec de l'eau déionisée pour enlever la solution de cellules abimées (Blum et Ebercon, 1981). Puis, on place les disques de feuilles dans des tubes à essai contenant 15 ml d'eau déionisée et on les secoue pendant 30 min. Ensuite, on mesure la conductivité de la solution en utilisant un conductimètre.

On utilise la technique d'empreinte stomatique pour enregistrer la fréquence stomatique et on la calcule en utilisant la formule :

$$\text{Fréquence stomatique} = (\text{Nbre de stomates} / mm^2)$$

Pour mesurer l'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE), on ramasse les feuilles de la cinquième à la septième position à partir de l'extrémité. On sèche les feuilles dans un four à

70° C pendant trois jours et on les transforme en poudre fine. On mesure le  $\Delta^{13}C$  des variétés en utilisant un IRMS (Spectromètre de Masse Ratio Isotopique) maintenu au Département de la Physiologie des Cultures, de l'Université des Sciences Agricoles, de Bangalore.

On enregistre la sénescence de la feuille à la fin de la culture au moment de la cueillette (65 jours après la taille). On enregistre la longueur de la partie sans feuilles à partir de la base de la pousse la plus longue, tandis qu'on enregistre la longueur de la pousse la plus longue et le ratio de partie sans feuilles par rapport à la longueur totale de la pousse la plus longue, pour quantifier la sénescence de la feuille.

On estime la cire épicuticulaire de la feuille en utilisant un dosage colorimétrique (Ebercon et coll., 1977). On mesure la teneur libre en proline des feuilles fraîches selon Bates et coll., (1973). On estime l'ensemble du potassium (Jackson, 1967) et des sucres (Clarks et coll., 1964) d'après les feuilles sèches en poudre.

On enregistre les données sur le rendement foliaire et les composantes du rendement, c'est-à-dire le nbre de branches / plant, la longueur de la pousse la plus longue, la longueur totale de la pousse, la surface foliaire / plant, le rendement biologique (au-dessus du sol) 65 jours après la taille et en l'espace de 70 jours, c'est-à-dire à la fin de la culture.

On calcule l'indice de résistance à la sécheresse d'après Blum, 2000.

$$DRI = (Gs / Gi) / (Ms / Mi)$$

où le rendement du génotype sous stress (Gs) et sans stress (Gi) est normalisé par rapport à la moyenne de rendement de tous les génotypes sous stress (Ms) et sans stress (Mi). Les valeurs au-dessus de 1 indiquent une résistance relative par comparaison avec la moyenne de la population.

Les caractères de la racine : pour observer les caractères de la racine, on plante 5 boutures de chaque génotype dans une structure de brique (1,5 m de hauteur) remplie de sol, de sable et de fumier de ferme dans un ratio 2 : 1 : 1 et on enregistre les observations sur le nombre de racines, le ratio racines – pousses en longueur et le ratio racines – pousses en poids 90 jours après la plantation.

#### **Rendement foliaire / plant (g) sans stress :**

Pendant la saison des pluies, le rendement foliaire est similaire à celui pendant la période avec stress et on le présente en tant que rendement foliaire sans stress.

#### **Analyse statistique :**

Afin d'évaluer la diversité génétique entre les 40 génotypes, on utilise les statistiques Mahalanobis  $D^2$ , en suivant la procédure présentée par Rao (1952). On procède au regroupement des génotypes dans des groupes en utilisant la méthode de Tocher décrite par Rao (1952).

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

L'analyse Mahalanobis  $D^2$  regroupe les 40 variétés de mûrier en 8 groupes (Tableau II) sur la base de leur divergence génétique.

**Regroupement :**

Parmi les différents groupes, le groupe IV est constitué d'un nombre maximum de variétés (16) suivi par le groupe I (10 variétés) et le groupe II (6 variétés). Le groupe III comprend 4 génotypes et le groupe V, VI, VII et VIII ont chacun une variété, c'est-à-dire Acc. 244, Mysore local, *M. multicaulis*, et Kosen, qui forment des groupes séparés. Le profil de constellation des groupes prouve l'existence d'une part significative de variabilité parmi les variétés en ce qui concerne les différents caractères morphologiques contribuant à la résistance à la sécheresse. Le profil de regroupement révèle aussi que le regroupement ne s'effectue pas par rapport à l'origine. La diversité génétique que l'on trouve entre les génotypes appartenant à la même origine géographique pourrait donc être due aux différences d'adaptation, aux critères de sélection, à la pression de sélection et aux conditions environnementales (Maurya et Singh, 1977, Vivekanandan et Subramanian, 1993, Nayak et coll., 2004).

**Distances intra et inter groupes moyennes :**

Les distances inter-groupes entre 8 groupes montrent que la diversité génétique maximum est évidente entre le groupe IV et VIII (Tableau III), suivi par I et VIII. Les génotypes dans le groupe IV ont un potentiel de rendement élevé et ont aussi des paramètres physiologiques souhaitables pour la résistance à la sécheresse, tandis que le groupe VIII comprend le génotype le plus sensible à la sécheresse. On trouve la divergence génétique minimum entre II et V suivis par II et VIII. La distance intra-groupe est maximum dans le groupe IV.

**Moyennes de groupe :**

Les moyennes de groupe de 8 groupes pour 24 caractères étudiés sont présentées dans le Tableau IV. Le groupe VIII présente la moyenne de groupe maximum pour le nombre de jours avant le débouillage, suivi par III. Donc, les variétés dans ce groupe bourgeonnent tard. Les variétés de mûrier dans les groupes I et IV bourgeonnent tôt. La vigueur précoce est un avantage dans les conditions de stress à la sécheresse pour utiliser efficacement l'eau du sol (Kumar et Jagdish Rao, 2001) et pour prévenir les pertes d'évaporation du sol par le recouvrement précoce du sol par le feuillage.

La surface foliaire spécifique (SLA) est inversement proportionnelle à l'efficacité d'utilisation de l'eau (Wright et coll., 1994) et à la capacité de rétention de l'humidité des feuilles. La SLA est maximum dans le groupe V suivi par le groupe VI. Les variétés dans le groupe IV ont des feuilles épaisses et donc une SLA faible.

La croissance pendant la période de stress s'avère maximum dans le groupe IV suivie par le groupe I, tandis qu'elle est minimum dans le groupe V. Les moyennes de groupe pour la RWC sont élevées dans le groupe I suivi par le groupe IV, tandis qu'elle est minimum dans le groupe VIII. Dans cette étude, la RWC qui est une mesure de la turgescence se reflète sur la croissance pendant la période de stress.

On trouve les moyennes maximum de groupe pour les fuites d'électrolytes dans le groupe VI, suivi par le groupe VII. La fuite faible d'électrolytes montre une stabilité élevée de la membrane cellulaire (Blum et Ebercon, 1981). On trouve la moyenne minimum pour ce caractère dans le groupe V.

La charge en cire épicuticulaire contribue de manière significative à minimiser la transpiration cuticulaire et maintient donc l'humidité de la feuille (Mamrutha et coll., 2010). Les moyennes de groupe pour la cire épicuticulaire sont maximum dans le groupe IV et minimum dans le groupe VI.

On trouve les moyennes de groupe maximum pour la fréquence stomatique dans le groupe III et elles sont minimum dans le groupe VII. On trouve les moyennes de groupe maximum pour  $\Delta 13 C$  qui indiquent une faible WUE dans le groupe VI, suivi par III. On trouve la moyenne de groupe la plus faible, qui indique une WUE élevée dans le groupe VII. La teneur en humidité de la feuille est un paramètre qualitatif important de la feuille pour l'élevage du ver à soie et on trouve la moyenne la plus élevée pour ce caractère dans le groupe VII.

Les moyennes de groupe pour la surface foliaire / plant sont maximum dans le groupe IV, suivi par le groupe I. Les variétés dans ces groupes présentent une augmentation du nombre de feuilles et de l'expansion de la feuille, même sous un stress à l'humidité par comparaison aux autres variétés. La moyenne de groupe pour la sénescence de la feuille est maximum pour le groupe VIII suivi par le groupe VI, tandis qu'on trouve une sénescence retardée de la feuille dans le groupe IV. La sénescence retardée joue un rôle crucial dans les cultures à feuillage comme le mûrier dans le cas de stress à la sécheresse et il faut donc éviter les variétés avec une sénescence précoce de la feuille, ainsi que les variétés avec une sénescence accélérée de la feuille face à un stress à la sécheresse dans les programmes de lignage destinés à la résistance à la sécheresse.

L'accumulation de solutés compatibles comme la proline, le potassium et les sucres aide les plantes à l'ajustement osmotique pour maintenir la turgescence des cellules et donc la croissance dans des conditions de stress à la sécheresse. La moyenne de groupe pour la teneur en proline est maximum dans le groupe IV, tandis qu'elle est minimum dans le groupe VIII. On trouve les moyennes de groupe maximum pour le groupe VII pour le potassium et pour les sucres.

Les moyennes de groupe pour les composantes importantes de rendement, c'est-à-dire le nombre de branches, la longueur de la pousse la plus longue, la longueur totale de la pousse et le rendement biologique sont élevées dans le groupe IV, suivi par le groupe I. Les moyennes de groupe pour le rendement foliaire / plant face à un stress à la sécheresse sont maximum dans le groupe IV, suivi par le groupe VII.

On trouve la moyenne de groupe maximum pour le nombre de racines et le ratio racines-pousses au poids dans le groupe VI, le DRI, qui caractérise la stabilité du rendement entre deux environnements est maximum dans le groupe IV, suivi par le groupe I. Les valeurs DRI au-dessus de 1 indiquent une résistance relative par comparaison à la moyenne de la population.

L'analyse en composantes principales donne des informations supplémentaires sur l'utilité des caractères pour la définition des groupes (Tableau V). Les trois premiers vecteurs principaux contribuent à 76 % de la variance. Dans le premier vecteur, qui représente 43 % de la variance, les caractères les plus importants responsables de la divergence génétique dans l'axe majeur de différenciation sont la RWC et la CE. Dans le deuxième vecteur (17 % de la variation), les caractères importants responsables de la divergence génétique sont K et le sucre, tandis que dans le 3<sup>ème</sup> vecteur (16 % de la variation) la cire et le rendement foliaire sous stress sont les caractères importants.

La technique  $D^2$  basée sur l'analyse multivariée mise au point par Mahalanobis (1936) s'avère un outil puissant pour quantifier le degré de divergence d'un germoplasme. Cependant, tout en prenant en compte la diversité génétique entre les parents à inclure dans un programme d'hybridation, les parents avec un potentiel de rendement élevé et une large diversité génétique sont susceptibles de donner des ségrégants supérieurs (Roy et Panwar, 1993).

Le groupe VIII suivi par les groupes V, III et II contient plus de variétés sensibles au stress à la sécheresse. Il faudrait les éviter dans les programmes de lignage du mûrier destinés à mettre au point des variétés à rendement foliaire élevé face à un stress à la sécheresse, puisqu'elles ont beaucoup de caractères négatifs tels que la sénescence accélérée et plus de stomates, ce qui

entraîne une mauvaise performance face au stress à la sécheresse. Par ailleurs, les caractères de la plante qui contribuent à une meilleure adaptabilité tels qu'un débourrage précoce, l'ajustement osmotique (accumulation de solutés compatibles, c'est-à-dire la proline, le potassium et les sucres) et la stabilité de la membrane cellulaire (faible fuite des électrolytes) ne sont pas présents. Dans cette étude, les variétés exotiques originaires du Japon et de France présentent une réaction très sensible à la sécheresse, tandis que celles d'origine thaïlandaise présentent une résistance à la sécheresse.

La moyenne de groupe pour les différents caractères montre clairement que les variétés du groupe IV ont un meilleur ajustement osmotique en termes d'accumulation de solutés, ce qui se reflète sur la croissance pendant la période de stress et contribue à produire plus de biomasse et de rendement foliaire pendant les conditions de stress, en maintenant un équilibre en eau plus favorable. Elles ont aussi un potentiel de rendement élevé à la fois dans des conditions de stress et sans stress, possèdent des caractères souhaitables pour les plantes tels qu'un débourrage précoce, une sénescence retardée, des feuilles épaisses, de la cire épicuticulaire qui aident les plantes à une meilleure adaptation face à un stress à la sécheresse et elles peuvent donc être utilisées dans les programmes de lignage destinés à la résistance à la sécheresse.

On peut utiliser les variétés du groupe VII comme parent pour les croiser avec une variété du groupe IV (sauf BR-2 et Ver.763, qui ont des feuilles plus larges et des entrenœuds longs). La descendance pourrait avoir de meilleurs recombinaisons pour les composantes du rendement ainsi que pour les paramètres physiologiques et une WUE élevée. Les variétés dans le groupe I présentent aussi un certain degré de résistance à la sécheresse et on peut les utiliser dans un programme d'hybridation avec les variétés du groupe IV.

## STUDIES ON FACTORS INFLUENCING QUALITY OF FINE DENIER SILK

B.M. MAHADEVAIAH, S. A. HIEMATH, B. G. PATIL, SUBRATA DAS & SUBRATA ROY

Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Ministry of Textiles, Govt. of India, B.T.M. Layout, Bangalore-560068, India.

*Fine denier raw silk of 10/12, 12/14 and 14/16 denier was investigated for quality parameters at different reeling speed for Bivoltine and multivoltine. The results show that there is decrease in reelability for all the deniers and subsequently there is increase in silk waste (%). It has been found from the statistical analysis by using Z-score method that optimum quality fine denier silk of 10/12, 12/14 and 14/16 of Bivoltine variety can be achieved at 220 rpm, 160 rpm and 180 rpm. Similarly optimum quality of silk for multivoltine for 10/12, 12/14 and 14/16 denier can be obtained at 160 rpm, 140 rpm and 140 rpm respectively considering tenacity, elongation cohesion, neatness and cleanness attributes.*

**Keywords:** Reelability, fine denier, reeling speed, multiend reeling machine, cohesion, cleanness and neatness.

### INTRODUCTION

Raw silk is available in various fineness, among which 20/22 denier is commonly used in silk industry for the production of sarees and dress materials. There is also consistent demand for the fine denier raw silk viz, 10/12, 12/14, 14/16 and sizeable quantity of fine denier raw silk is being produced for the production of soft silk and zari yarn. Some of the important factors, which have a direct bearing on productivity and quality of raw silk are, quality of raw material, process parameters, human skill, quality of water and reeling contrivances. The independent role of the above parameters along with inter active role of a combination of parameters has not been studied elsewhere<sup>1</sup>.

Quality of cocoon influences the productivity in silk reeling and raw silk quality. Quality characteristics of the cocoons depend on race (variety) of silkworms, rearing technology and atmospheric conditions maintained during cocoon spinning stage. The important commercial characteristics of the cocoons are uniformity in size and shape, shell thickness, compactness, wrinkles on the cocoons, reelability, filament length, single cocoon filament denier and shell ratio. Of these, the characteristics such as cocoon shape and size, shell ratio, filament length, filament denier, compactness and filament neatness, cleanness, tenacity and elongation and cohesion are almost entirely dependent upon races of the silkworms<sup>1</sup>. Reeling speed has a direct bearing on reelability, raw silk recovery and quality characteristics of raw silk. Particularly,

uniformity characteristics viz. Size deviation, Maximum size deviation, Evenness variations and Elongation of raw silk are significantly influenced by reeling speed. Reeling speed depends on non- broken filament length and reelability percentage. If the reeling speed is more than the optimum level, then the above raw silk quality characteristics get affected. Therefore, to achieve gradable silk at economically viable productivity levels, selection of appropriate reeling speed is an important aspect.<sup>1</sup>

Reeling basin water temperature has significant influence on reeling performance. If the basin temperature is less than required, then there will be lot of cocoon droppings during reeling. Whereas, if the basin temperature is more than the required level, sericin dissolution in the reeling basin is more and occurrence of thread troubles will be on the higher side. Therefore, suitable basin water temperature has to be maintained to achieve good results.<sup>1</sup> Croissure length influences quality of raw silk particularly cohesion and tenacity characteristics. Further, croissure removes excess water molecules from the silk during reeling. Putting required croissure depending upon the raw silk denier and reeling speed is essential to produce good quality raw silk.<sup>1</sup>

Investigation on reeling speed of commonly used deniers is available in the technical literature<sup>1</sup> but studies on the reeling speed for production of fine denier silk is limited. Hence, it is thought worthwhile to optimize the reeling speed for different fine deniers raw silk of bivoltine and multivoltine varieties to achieving better quality.

## MATERIALS AND METHODS

### 1. Materials:

Bivoltine (CSR2 X CSR4) and multivoltine (PM X CSR2) hybrid cocoons had been purchased from Govt.cocoon markets, Ramanagaram and used in the experiment

### 2. Method:

#### Cocoons cooking:

The cocoons are cooked using two pan cooking system, such as,

- The cocoons are kept in a perforated cocoon cooking cage and immersed in the first Cooking pan at 90°C for about 30 seconds<sup>2</sup>,
- The cage is then transferred immediately to the second cooking pan at 96°C for about 2 minutes. Pressing disc to be used to get uniform of cooking then stop steam,
- The cage is then brought back to the first pan at 90°C for about 1 minute,
- Then cold water is sprinkled slowly to bring down the temperature to about 80°C then cage is opened and cocoons are dropped into the same pan and brushed at same temperature<sup>3,4</sup>.

#### Multiend reeling:

Raw silk reeling is a process of combining number of ends of the cocoon filaments together to form a single thread of desired denier. In multiend reeling basin, appropriate thread passage is provided to keep the reeling tension within the optimum level (0.3 to 0.4 g / d) with proper croissure. Effective individual reel stop motion device is incorporated to prevent the breakage of silk yarn during reeling and to enhance overall working efficiency of the basin. Thread breaks during reeling operation are also been recorded. Using variable speed motor in the multiend reeling machine, speed viz., 120,140,160,180,200,220,240,260 and 280 rpm were used for the production of raw silk with different fine deniers of 10/12,12/14 and 14/16 with 5 replications each.

**Re-Reeling:**

Re-reeling is to transfer the raw silk reeled on small reel to a large reel (1.5 meters circumference) for adjusting width, weight and length of the skein uniformly. The influence of re-reeling parameters particularly, influences on vacuum permeation<sup>5,6</sup> of small reels and re-reeling speed (185 rpm) viz., temperature maintained in the re-reeling machine on quality of fine denier raw silk is studied. The other important objectives of re-reeling are to eliminate gum spots in the reeled silk and tie up any loose ends to form continuous length of silk thread<sup>7</sup>. To eliminate thin places and to ensure smooth and efficient operation during the winding process, re-reeling process and care taken during re-reeling have a direct bearing on the performance of raw silk skeins in winding process.

**Evaluation:****Reelability:**

The reelability is the most important cocoon character that influences raw silk yield, productivity and raw silk quality significantly<sup>8</sup>. If the reelability of the cocoons is low, number of droppings during reeling will be more leading to increase in the number of feeding ends and hence affects the productivity and uniformity of raw silk. The reelability is influenced to some extent by racial characteristics of cocoons, but the reelability is significantly influenced by temperature and humidity maintained during cocoons spinning. Reelability is calculated by using the following formula.

$$\text{Reelability (\%)} = \frac{\text{Number of reeling cocoons}}{\text{Number of feedings ends}} \times 100$$

Where,

Number of reeling cocoons = (Number of cocoons taken for testing) – (Number of new unreelable Cocoons) – (Number of converted carry over cocoons)

Number of feeding ends = (Number of castings + Number of carry over cocoons) – (Number of Converted carry over cocoons)

Formulae used to calculate the converted carry over cocoons and converted unreelable cocoons for multi-end test reeling are as follows:

$$\text{Converted carry over cocoons} = 0.58 \text{ Thick} + 0.24 \text{ Middle} + 0.06 \text{ Thin}$$

Silk waste (%):

During cooking and reeling the silk waste generated.

Silk waste is calculated by using the following formula.:

$$\text{Silk waste (\%)} = \frac{\text{Total cooking and reeling waste weight}}{\text{Weight of raw silk reeled}} \times 100$$

**Cleanness (BIS-IS 2938: 1992):**

The object of this test is to determine the kind and the number of cleanness defects of raw silk. The cleanness defects are classified into three groups viz. Super Major Defects, Major Defects and Minor Defects. The inspection shall take up a position about 0.5-meter distance directly in front of the inspection panels. The actual number of cleanness defects of each class

and kind (based on standard photograph) shall be counted on the threads of both the sides of inspection board, omitting the parts on its edges. The cleanness is determined by deducting the total penalty from 100. The penalty of each defect is as given below:

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| Each super major defect | - 1.0 |
| Each major defect       | - 0.4 |
| Each minor defect       | - 0.1 |

Cleanness (%) = 100 – Total penalty.

#### **Neatness (BIS-IS 2938: 1992)**

The object of this test is to determine the neatness percentage of raw silk. The degree of neatness of raw silk is determined on the basis of incidence of the occurrence of defects which are smaller than those classified as "minor cleanness defects". Minor defects in cocoon filaments are loops, hairiness, loose ends, knots and fuzziness. These defects vary with silkworm race and depend almost on the silkworm race even though mounting and reeling conditions can influence them. The imperfections or defects are smaller than the minor cleanness defects are known as neatness defects. The inspector shall take a position about 0.5 meters directly in front of the inspection board. Each panel on any one side of the inspection board shall be carefully compared with the standard photograph of neatness defects and its neatness values are estimated in percentage. From 100% to 50 % the estimation is done nearest to 5 % and below 50 % the neatness is estimated nearest to 10%. Low neatness is the average of one fifth of lower values.

#### **Serigraph**

The objective of this test is to find the Tenacity (load bearing capacity) & elongation (stretchability) of raw silk. The elongation is the amount of the silk stretch when pulled to the breaking point. The tenacity is expressed as grams per denier and elongation in percentage. The test is conducted at standard atmospheric condition of  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  and humidity of  $65 \pm 2\%$ .

The test is conducted on serigraph machine with an automatic recording attachment for recording the force and elongation. Sample length is 10 centimeters and the traverse of lower jaw is 15 centimeters per minute. From 10 bobbins 10 test samples are prepared and tested for tenacity & elongation. The values are rounded off and the average is calculated and expressed in one decimal place.

#### **Cohesion (BIS-IS 2938: 1992)**

The object of this test is to determine the degree of agglutination of cocoon filaments forming the thread. The raw silk thread is placed zigzag between a set of 10 hooks on each side of cohesion testing frame. Under constant and uniform tension in such a way that the thread can be subjected to a friction action at 20 different places simultaneously, and the number of strokes are recorded automatically. 20 test samples from 50 bobbins are taken for calculation of cohesion. As soon as 10 different open places of more than 6mm are observed, the recorded number of strokes are taken for average calculation.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The performance of the reelability (%), silk waste (%) and thread breaks of bivoltine and multivoltine cocoons of 10/12, 12/14 and 14/16 denier are presented in Table I, Table II and Table III respectively.

Table I. Multiend reeling m/c (10/12) denier reeling results.

Tableau I. Résultats de dévidage pour le titre (10/12) avec le dévidage multibouts m/c.

| Reeling Speed (Rpm)              | Reelability (%)         |       | Silk waste (%)             |       | Thread breaks (Nos.) (per hour)           |     |
|----------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------|-------------------------------------------|-----|
| <i>Vitesse de Dévidage (Tpm)</i> | <i>Dévidabilité (%)</i> |       | <i>Déchets de soie (%)</i> |       | <i>Ruptures de fil (Nbre) (par heure)</i> |     |
|                                  | BV                      | MV    | BV                         | MV    | BV                                        | MV  |
| 120                              | 89.24                   | 90.79 | 8.01                       | 10.73 | Nil                                       | Nil |
| 140                              | 87.13                   | 89.76 | 9.61                       | 15.80 | Nil                                       | Nil |
| 160                              | 87.33                   | 89.35 | 8.33                       | 16.06 | Nil                                       | Nil |
| 180                              | 85.85                   | 86.35 | 10.43                      | 17.21 | Nil                                       | Nil |
| 200                              | 83.61                   | 85.70 | 11.07                      | 19.26 | Nil                                       | Nil |
| 220                              | 81.37                   | 85.50 | 10.00                      | 18.53 | Nil                                       | Nil |
| 240                              | 81.22                   | 86.43 | 10.12                      | 19.21 | Nil                                       | Nil |
| 260                              | 81.96                   | 85.39 | 10.70                      | 20.34 | 3                                         | 2   |
| 280                              | 81.52                   | 81.81 | 14.68                      | 21.28 | 4                                         | 2   |

Nil / Nul.

Table II. Multiend reeling m/c (12/14) denier reeling results.

Tableau II. Résultats de dévidage pour le titre (12/14) avec le dévidage multibouts m/c.

| Reeling Speed (Rpm)              | Reelability (%)         |       | Silk waste (%)             |       | Thread breaks (Nos.) (per hour)           |     |
|----------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------|-------------------------------------------|-----|
| <i>Vitesse de Dévidage (tpm)</i> | <i>Dévidabilité (%)</i> |       | <i>Déchets de soie (%)</i> |       | <i>Ruptures de fil (Nbre) (par heure)</i> |     |
|                                  | BV                      | MV    | BV                         | MV    | BV                                        | MV  |
| 120                              | 86.29                   | 89.96 | 9.29                       | 13.61 | Nil                                       | Nil |
| 140                              | 87.41                   | 88.51 | 10.04                      | 15.83 | Nil                                       | Nil |
| 160                              | 84.37                   | 87.69 | 9.70                       | 17.07 | Nil                                       | Nil |
| 180                              | 85.03                   | 87.62 | 12.61                      | 17.32 | Nil                                       | Nil |
| 200                              | 82.92                   | 86.10 | 12.96                      | 18.05 | Nil                                       | Nil |
| 220                              | 82.99                   | 86.88 | 13.11                      | 17.85 | Nil                                       | Nil |
| 240                              | 82.00                   | 85.80 | 12.32                      | 18.26 | 2                                         | Nil |
| 260                              | 81.67                   | 84.84 | 14.85                      | 19.60 | 2                                         | 2   |
| 280                              | 79.16                   | 82.77 | 17.37                      | 20.04 | 4                                         | 5   |

Nil / Nul.

Table III. Multiend reeling m/c (14/16) denier reeling results.

Tableau III. Résultats de dévidage pour le titre 14/16 avec le dévidage multibouts (mc).

| Reeling<br>Speed (Rpm)                   | Reelability<br>(%)          |       | Silk waste<br>(%)                  |       | Thread breaks<br>(per hour)            |     |
|------------------------------------------|-----------------------------|-------|------------------------------------|-------|----------------------------------------|-----|
| <i>Vitesse de<br/>Dévidage<br/>(Tpm)</i> | <i>Dévidabilité<br/>(%)</i> |       | <i>Déchets<br/>de soie<br/>(%)</i> |       | <i>Ruptures de fil<br/>(par heure)</i> |     |
|                                          | BV                          | MV    | BV                                 | MV    | BV                                     | MV  |
| 120                                      | 86.61                       | 88.39 | 8.71                               | 15.70 | Nil                                    | Nil |
| 140                                      | 85.90                       | 87.61 | 11.30                              | 16.07 | Nil                                    | Nil |
| 160                                      | 85.32                       | 86.99 | 11.19                              | 16.80 | Nil                                    | Nil |
| 180                                      | 87.53                       | 89.05 | 12.72                              | 17.80 | Nil                                    | Nil |
| 200                                      | 83.88                       | 86.58 | 10.23                              | 18.48 | Nil                                    | Nil |
| 220                                      | 83.06                       | 86.45 | 12.77                              | 17.85 | Nil                                    | Nil |
| 240                                      | 82.19                       | 85.86 | 13.05                              | 15.22 | Nil                                    | Nil |
| 260                                      | 81.68                       | 85.28 | 14.67                              | 20.67 | 2                                      | 3   |
| 280                                      | 79.68                       | 82.77 | 16.19                              | 21.72 | 3                                      | 3   |

Nil / Nul.

**1. Reelability and silk waste (%):**

It is observed from table-1 (10/12 denier) that while increasing reeling machine speed from 120 rpm to 280 rpm there is decrease in reelability (%) from 89.24 to 81.52 of BV and 90.79 to 81.81 of MV cocoons, whereas there is increase in silk waste (%) from 8.01 to 14.68 for BV and 10.73 to 21.28 for MV cocoons. However, there is no thread breaks up to 240 rpm in case of 10/12 denier as indicated in the Table I. In case of 12/14 denier raw silk the reelability( % ) decreasing from 86.29 to 79.16 of bivoltine and 89.96 to 82.77 of multivoltine cocoons, whereas silk waste ( % ) increasing from 9.29 to 17.37 of bivoltine and 13.61 to 20.04 of multivoltine cocoons and no thread breaks is obtained up to 220 rpm as indicated in the Table II. It is also found from Table III, that while increasing reeling machine speed from 120 rpm to 280 rpm, the reelability (%) is decreasing from 86.61 to 79.68 of bivoltine and 88.39 to 82.77 of multivoltine cocoons. Silk waste (%) is increasing from 8.71 to 16.19 of bivoltine and 15.70 to 21.72 of multivoltine cocoons and no thread breaks up to 240 rpm in case of 14/16 denier. Decrease in reelability in all the deniers of silk under investigation with increase in machine speed indicates that there is increase in yarn tension, which results in feeding end of more number of cocoons due to thread breaks and thereby generating more silk waste.

Table IV. Multiend reeling machine (BV-10/12 denier) performance – Analysis.

*Tableau IV. Analyse de la performance de la machine de dévidage multibouts (BV – titre 10 / 12).*

| Speed<br>(rpm)           | Cohesion<br>(Strokes)       | Neatness<br>(%)        | Cleanness<br>(%)        | Tenacity<br>(g/d)           | Elongation<br>(%)          | Cohesion        | Neatness       | Cleanness       | Tenacity          | Elongation         | Z-total        | Rank              |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| <i>Vitesse<br/>(tpm)</i> | <i>Cohésion<br/>(Coups)</i> | <i>Netteté<br/>(%)</i> | <i>Propreté<br/>(%)</i> | <i>Résistance<br/>(g/d)</i> | <i>Allongement<br/>(%)</i> | <i>Cohésion</i> | <i>Netteté</i> | <i>Propreté</i> | <i>Résistance</i> | <i>Allongement</i> | <i>Total-Z</i> | <i>Classement</i> |
| 120                      | 42                          | 95                     | 95                      | 3.69                        | 18.52                      | -1.19           | 1.05           | 1.27            | - 0.83            | 1.00               | 1.31           | 3                 |
| 140                      | 42                          | 95                     | 95                      | 3.65                        | 18.26                      | -1.19           | 1.05           | 1.27            | - 1.00            | 0.77               | 0.91           | 4                 |
| 160                      | 45                          | 95                     | 93                      | 3.65                        | 18.52                      | 0.05            | 1.05           | 0.28            | -1.00             | 1.00               | 1.38           | 2                 |
| 180                      | 46                          | 90                     | 93                      | 3.86                        | 18.26                      | 0.46            | -0.84          | 0.28            | -0.20             | 0.77               | 0.46           | 5                 |
| 200                      | 42                          | 90                     | 93                      | 3.69                        | 17.34                      | - 1.19          | - 0.84         | 0.28            | - 0.83            | - 0.05             | - 2.64         | 9                 |
| <b>220</b>               | <b>46</b>                   | <b>95</b>              | <b>93</b>               | <b>3.98</b>                 | <b>17.30</b>               | <b>0.46</b>     | <b>1.05</b>    | <b>0.28</b>     | <b>0.25</b>       | <b>-0.09</b>       | <b>1.95</b>    | <b>1</b>          |
| 240                      | 46                          | 90                     | 90                      | 4.16                        | 17.00                      | 0.46            | -0.84          | - 1.22          | 0.92              | - 0.36             | -1.04          | 7                 |
| 260                      | 46                          | 90                     | 90                      | 4.21                        | 15.60                      | 0.46            | - 0.84         | - 1.22          | 1.12              | - 1.61             | - 2.10         | 8                 |
| 280                      | 49                          | 90                     | 90                      | 4.32                        | 15.80                      | 1.70            | - 0.84         | - 1.22          | 1.56              | - 1.43             | - 0.24         | 6                 |

Table V. Multiend reeling machine (BV-12/14 denier) performance – Analysis.

*Tableau V. Analyse de la performance de la machine de dévidage multibouts (BV – titre 12/14).*

| Speed<br>(rpm)           | Cohesion<br>(Strokes)       | Neatness<br>(%)        | Cleanness<br>(%)        | Tenacity<br>(g/d)           | Elongation<br>(%)          | Cohesion        | Neatness       | Cleanness       | Tenacity          | Elongation         | Z-total        | Rank              |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| <i>Vitesse<br/>(tpm)</i> | <i>Cohésion<br/>(Coups)</i> | <i>Netteté<br/>(%)</i> | <i>Propreté<br/>(%)</i> | <i>Résistance<br/>(g/d)</i> | <i>Allongement<br/>(%)</i> | <i>Cohésion</i> | <i>Netteté</i> | <i>Propreté</i> | <i>Résistance</i> | <i>Allongement</i> | <i>Total-Z</i> | <i>Classement</i> |
| 120                      | 46                          | 95                     | 95                      | 3.59                        | 20.20                      | - 1.42          | 1.05           | 1.07            | - 1.39            | 1.17               | 0.49           | 6                 |
| 140                      | 48                          | 95                     | 95                      | 3.62                        | 20.40                      | - 1.15          | 1.05           | 1.07            | - 1.32            | 1.29               | 0.94           | 4                 |
| <b>160</b>               | <b>50</b>                   | <b>95</b>              | <b>95</b>               | <b>3.65</b>                 | <b>20.20</b>               | <b>- 0.88</b>   | <b>1.05</b>    | <b>1.07</b>     | <b>- 1.25</b>     | <b>1.17</b>        | <b>1.15</b>    | <b>1</b>          |
| 180                      | 55                          | 95                     | 93                      | 4.40                        | 17.80                      | - 0.22          | 1.05           | 0.15            | 0.36              | - 0.28             | 1.06           | 3                 |
| 200                      | 64                          | 90                     | 93                      | 4.63                        | 18.20                      | 0.97            | - 0.84         | 0.15            | 0.85              | - 0.04             | 1.09           | 2                 |
| 220                      | 64                          | 90                     | 93                      | 4.50                        | 18.20                      | 0.97            | - 0.84         | 0.15            | 0.58              | - 0.04             | 0.82           | 5                 |
| 240                      | 55                          | 90                     | 90                      | 4.55                        | 16.60                      | - 0.22          | - 0.84         | - 1.22          | 0.68              | - 1.01             | - 2.61         | 9                 |
| 260                      | 64                          | 90                     | 90                      | 4.55                        | 16.40                      | 0.97            | -0.84          | - 1.22          | 0.68              | - 1.13             | - 1.54         | 8                 |
| 280                      | 64                          | 90                     | 90                      | 4.61                        | 16.40                      | 0.97            | - 0.84         | - 1.22          | 0.81              | - 1.13             | - 1.41         | 7                 |

Table VI. Multiend reeling machine (BV-14/16 denier) performance – Analysis.

*Tableau VI. Analyse de la performance de la machine de dévidage multibouts (BV – titre 14 / 16).*

| Speed<br>(rpm)           | Cohesion<br>(Strokes)       | Neatness<br>(%)        | Cleanness<br>(%)        | Tenacity<br>(g/d)           | Elongation<br>(%)          | Cohesion        | Neatness       | Cleanness       | Tenacity          | Elongation         | Z-total        | Rank              |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| <i>Vitesse<br/>(tpm)</i> | <i>Cohésion<br/>(Coups)</i> | <i>Netteté<br/>(%)</i> | <i>Propreté<br/>(%)</i> | <i>Résistance<br/>(g/d)</i> | <i>Allongement<br/>(%)</i> | <i>Cohésion</i> | <i>Netteté</i> | <i>Propreté</i> | <i>Résistance</i> | <i>Allongement</i> | <i>Total-Z</i> | <i>Classement</i> |
| 120                      | 42                          | 95                     | 95                      | 3.30                        | 20.00                      | -1.15           | 0.67           | 1.77            | - 1.54            | 1.31               | 1.05           | 2                 |
| 140                      | 42                          | 95                     | 93                      | 3.46                        | 19.40                      | -1.15           | 0.67           | 0.74            | - 1.05            | 0.69               | - 0.10         | 6                 |
| 160                      | 46                          | 95                     | 93                      | 3.48                        | 19.60                      | - 0.63          | 0.67           | 0.74            | - 0.97            | 0.89               | 0.70           | 3                 |
| <b>180</b>               | <b>48</b>                   | <b>95</b>              | <b>93</b>               | <b>3.76</b>                 | <b>19.20</b>               | <b>- 0.36</b>   | <b>0.67</b>    | <b>0.74</b>     | <b>- 0.12</b>     | <b>0.48</b>        | <b>1.41</b>    | <b>1</b>          |
| 200                      | 50                          | 95                     | 90                      | 3.83                        | 19.20                      | - 0.10          | 0.67           | -0.80           | 0.11              | 0.48               | 0.35           | 4                 |
| 220                      | 50                          | 95                     | 90                      | 3.97                        | 18.40                      | - 0.10          | 0.67           | - 0.80          | 0.53              | - 0.34             | - 0.05         | 5                 |
| 240                      | 55                          | 90                     | 90                      | 4.08                        | 18.00                      | 0.55            | - 1.33         | - 0.80          | 0.87              | - 0.76             | - 1.46         | 8                 |
| 260                      | 60                          | 90                     | 90                      | 4.06                        | 17.20                      | 1.21            | - 1.33         | - 0.80          | 0.82              | - 1.58             | - 1.68         | 9                 |
| 280                      | 64                          | 90                     | 90                      | 4.23                        | 17.60                      | 1.74            | - 1.33         | - 0.80          | 1.35              | - 1.17             | - 0.22         | 7                 |

Table VII. Multiend reeling machine (MV-10/12 denier) performance – Analysis.

Tableau VII. Analyse de la performance de la machine de dévidage multibouts (MV – titre 10 / 12).

| Speed<br>(rpm)   | Cohesion<br>(Strokes) | Neatness<br>(%) | Cleanness<br>(%) | Tenacity<br>(g/d)   | Elongation<br>(%)  | Cohesion | Neatness | Cleanness | Tenacity   | Elongation  | Z-total | Rank       |
|------------------|-----------------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|----------|----------|-----------|------------|-------------|---------|------------|
| Vitesse<br>(tpm) | Cohésion<br>(Coups)   | Netteté<br>(%)  | Propreté<br>(%)  | Résistance<br>(g/d) | Allongement<br>(%) | Cohésion | Netteté  | Propreté  | Résistance | Allongement | Total-Z | Classement |
| 120              | 24                    | 93              | 90               | 3.20                | 18.00              | -0.70    | 0.84     | 0.92      | - 1.42     | 1.77        | 1.41    | 2          |
| 140              | 24                    | 93              | 90               | 3.21                | 17.20              | -0.70    | 0.84     | 0.92      | - 1.39     | 0.93        | 0.59    | 3          |
| 160              | 24                    | 93              | 90               | 3.55                | 17.20              | - 0.70   | 0.84     | 0.92      | - 0.52     | 0.93        | 1.46    | 1          |
| 180              | 24                    | 90              | 89               | 3.72                | 16.20              | - 0.70   | 0.26     | 0.72      | - 0.09     | - 0.12      | 0.07    | 5          |
| 200              | 26                    | 90              | 89               | 3.81                | 16.00              | - 0.40   | 0.26     | 0.72      | 0.14       | - 0.33      | 0.39    | 4          |
| 220              | 24                    | 90              | 80               | 3.89                | 16.00              | - 0.70   | 0.26     | - 1.05    | 0.35       | - 0.33      | -1.48   | 8          |
| 240              | 36                    | 89              | 80               | 3.88                | 15.80              | 1.11     | 0.06     | - 1.05    | 0.32       | - 0.54      | -0.10   | 6          |
| 260              | 36                    | 80              | 80               | 4.18                | 15.25              | 1.11     | - 1.68   | - 1.05    | 1.09       | - 1.12      | - 1.66  | 9          |
| 280              | 40                    | 80              | 80               | 4.35                | 15.20              | 1.71     | -1.68    | - 1.05    | 1.53       | - 1.17      | - 0.67  | 7          |

**Table VIII. Multiend reeling machine (MV 12 /14 denier) performance – Analysis.***Tableau VIII. Analyse de la performance de la machine de dévidage multibouts (MV – titre 12/ 14).*

| Speed   | Cohesion | Neatness | Cleanness | Tenacity   | Elongation  | Cohesion | Neatness | Cleanness | Tenacity   | Elongation  | Z-total | Rank       |
|---------|----------|----------|-----------|------------|-------------|----------|----------|-----------|------------|-------------|---------|------------|
| Vitesse | Cohésion | Netteté  | Propreté  | Résistance | Allongement | Cohésion | Netteté  | Propreté  | Résistance | Allongement | Total-Z | Classement |
| 120     | 24       | 93       | 90        | 3.21       | 18.25       | - 0.71   | 0.95     | 0.88      | - 1.43     | 1.34        | 1.04    | 3          |
| 140     | 28       | 93       | 90        | 3.43       | 18.00       | - 0.71   | 0.95     | 0.88      | - 0.60     | 1.03        | 1.55    | 1          |
| 160     | 28       | 90       | 90        | 3.50       | 18.00       | - 0.71   | 0.34     | 0.88      | - 0.34     | 1.03        | 1.20    | 2          |
| 180     | 26       | 90       | 90        | 3.58       | 17.35       | - 0.99   | 0.34     | 0.88      | - 0.04     | 0.22        | 0.41    | 4          |
| 200     | 28       | 90       | 89        | 3.53       | 17.20       | - 0.71   | 0.34     | 0.69      | - 0.23     | 0.03        | 0.12    | 6          |
| 220     | 36       | 90       | 80        | 3.60       | 17.00       | 0.40     | 0.34     | -1.05     | 0.03       | - 0.21      | - 0.49  | 7          |
| 240     | 36       | 89       | 80        | 3.60       | 16.35       | 0.40     | 0.14     | - 1.05    | 0.03       | - 1.02      | - 1.51  | 8          |
| 260     | 42       | 80       | 80        | 3.66       | 16.20       | 1.23     | - 1.69   | - 1.05    | 0.26       | - 1.21      | - 2.47  | 9          |
| 280     | 46       | 80       | 80        | 4.21       | 16.20       | 1.79     | -1.69    | - 1.05    | 2.32       | -1.21       | 0.15    | 5          |

Table IX. Multiend reeling machine (MV 12 /14 denier) performance – Analysis.

Tableau IX. Analyse de la performance de la machine de dévidage multibouts (MV – titre 12/ 14).

| Speed<br>(rpm)           | Cohesion<br>(Strokes)       | Neatness<br>(%)        | Cleanness<br>(%)        | Tenacity<br>(g/d)           | Elongation<br>(%)          | Cohesion        | Neatness       | Cleanness       | Tenacity          | Elongation         | Z-total        | Rank              |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| <i>Vitesse<br/>(tpm)</i> | <i>Cohésion<br/>(Coups)</i> | <i>Netteté<br/>(%)</i> | <i>Propreté<br/>(%)</i> | <i>Résistance<br/>(g/d)</i> | <i>Allongement<br/>(%)</i> | <i>Cohésion</i> | <i>Netteté</i> | <i>Propreté</i> | <i>Résistance</i> | <i>Allongement</i> | <i>Total-Z</i> | <i>Classement</i> |
| 120                      | 28                          | 93                     | 90                      | 3.21                        | 18.25                      | -0.71           | 0.95           | 0.88            | -1.43             | 1.34               | 1.04           | 3                 |
| 140                      | 28                          | 93                     | 90                      | 3.43                        | 18.00                      | -0.71           | 0.95           | 0.88            | -0.60             | 1.03               | 1.55           | 1                 |
| 160                      | 28                          | 90                     | 90                      | 3.50                        | 18.00                      | -0.71           | 0.34           | 0.88            | -0.34             | 1.03               | 1.20           | 2                 |
| 180                      | 26                          | 90                     | 90                      | 3.58                        | 17.35                      | -0.99           | 0.34           | 0.88            | -0.04             | 0.22               | 0.41           | 4                 |
| 200                      | 28                          | 90                     | 89                      | 3.53                        | 17.20                      | -0.71           | 0.34           | 0.69            | -0.23             | 0.03               | 0.12           | 6                 |
| 220                      | 36                          | 90                     | 80                      | 3.60                        | 17.00                      | 0.40            | 0.34           | -1.05           | 0.03              | -0.21              | -0.49          | 7                 |
| 240                      | 36                          | 89                     | 80                      | 3.60                        | 16.35                      | 0.40            | 0.14           | -1.05           | 0.03              | -1.02              | -1.51          | 8                 |
| 260                      | 42                          | 80                     | 80                      | 3.66                        | 16.20                      | 1.23            | -1.69          | -1.05           | 0.26              | -1.21              | -2.47          | 9                 |
| 280                      | 42                          | 80                     | 80                      | 3.66                        | 16.20                      | 1.79            | -1.69          | -1.05           | 2.32              | -1.21              | 0.15           | 5                 |

## 2. Raw silk quality:

The performance of the Bivoltine raw silk results of Cohesion, Neatness, Cleanness, tenacity (g/d), elongation (%), of 10/12, 12/14 and 14/16 denier are presented in Table IV. It is observed that with increase in machine speed from 120 rpm to 280 rpm, the cohesion characters are increases from 42 to 49, Neatness decreases from 95 % to 90 %, Cleanness decreases from 95 to 90% and also tenacity (g/d) increases from 3.69 to 4.32 and elongation decreases from 18.52 to 15.80 in case of 10/12 denier. Table V vindicates the performance of bivoltine raw silk results of cohesion, neatness and cleanness of 12/14 denier. It is observed that with increase machine speed from 120 rpm to 280 rpm the cohesion characters are increasing from 46 to 64 Strokes, Neatness decreasing from 95 to 90%, Cleanness decreases from 95 to 90% and also tenacity increasing from 3.59 to 4.61 and elongation decreases from 20.20 to 16.40. In case of 14/16 denier the cohesion characters are increasing from 42 to 64 Strokes, Neatness decreasing from 95 to 90 %, Cleanness decreases from 95 to 90 % and also Tenacity is increasing from 3.30 to 4.23 and elongation decreases from 20.00 to 17.60 in case of 14/16 denier indicates in Table VI.

The performance of the Multivoltine raw silk results of Cohesion, Neatness, Cleanness, tenacity (g/d), elongation (%), of 10/12 denier are presented in Table VII. It is observed that with increase in machine speed from 120 rpm to 280 rpm the cohesion characters are increases from 24 to 40 Strokes, Neatness decreases from 93 to 80 %, Cleanness decreases from 90 to 80 % and also tenacity (g/d) increases from 3.20 to 4.35 and elongation decreases from 18.00 to 15.20 %. In Table VIII, observed that with increase machine speed from 120 rpm to 280 rpm the cohesion characters are increasing from 28 to 42 Strokes, Neatness decreasing from 93 to 80%, Cleanness decreases from 90 to 80% and also tenacity (g/d) increasing from 3.43 to 3.66 and elongation decreases from 18.00 to 16.20 % in case of 12/14 denier. The cohesion characters are increasing from 28 to 46 Strokes, Neatness decreasing from 93 to 80%, Cleanness decreases from 90 to 80% and also tenacity (g/d) are increasing from 3.21 to 4.21 and elongation decreases from 18.25 to 16.20 % in case of 14/16 denier indicated in Table IX.

## 3. Determination of Rank to evaluate reeling speed for different denier:

### Z- score Calculation:

The probability of a result  $x$  in an experiment consisting of a large number of equally probable independent trials  $n$  is approximated by the *normal probability density function*:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Where  $\mu$ , the *mean value*, is  $n/2$  and  $\sigma$ , the *standard deviation*, is a measure of the breadth of the curve which, for experiments with two equally probable outcomes of each trial is:

$$\sigma = \sqrt{\mu/2} = \sqrt{n/4}$$

Since the mean value and standard deviation depend upon the number of trials in the experiment, comparison between experiments with differing numbers of trials is facilitated by *standardising* the result transforming it to a distribution with mean value zero and standard deviation

of 1. A normally distributed experimental result  $x$  is thus standardized by subtracting the mean and dividing by the standard deviation of the experiment.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

This  $z$ -value or  $z$  score expresses the divergence of the experimental result  $x$  from the most probable result  $\mu$  as a number of standard deviations  $\sigma$ . The larger the value of  $z$ , the less probable the experimental result is due to chance.

Reelability is most important parameters in the reeling process and it is closely related to the raw silk yield. If it decreases, the other reeling parameters gets affected like generating more silk waste %, thread troubles and irregular denier etc. While analyzing the results using Z-score method for Bivoltine (Table IV), 220 rpm got highest point i.e. 1.95 compare to other speed and scores the 1st rank. Similarly, by using the Z-score method, it is found from Table V and VI that recommended speed in case of 12/14 and 14/16 denier are 160 rpm and 180 rpm respectively. While analyzing the results using Z-score method for multivoltine (Table VII), 160 rpm got highest point i.e. 1.46 compare to other speed and scores the 1st rank. Similarly, by using the Z-score method, it is found from Table VIII and IX that recommended speed in case of 12/14 and 14/16 deniers are 140 rpm and 140 rpm respectively.

### CONCLUSION

Fine denier raw silks of 10/12, 12/14 and 14/16 denier were investigated for quality parameters for bivoltine and multivoltine cocoons at different reeling speed. The results show that with increase in reeling speed, there is decrease in reelability (%) and generation of more silk waste (%). It is also found that, when the reeling speed increases cohesion value increases and visual characteristics like neatness and cleanness (%) decreases in both of the bivoltine and multivoltine silk of different denier values.

### REFERENCES

- 1) MANUAL OF BIVOLTINE SILK REELING TECHNOLOGY- 2003, CSTRI<sup>1</sup>
- 2) KINOSHITA.H. SUGANUMA &Y. WATASE H (1979) J.Sericult.Sci.Japan 48(5) 404-410.
- 3) KINOSHITA.H.SUGANUMA &Y. WATASE. H (1980) J.Sericult.Sci.Japan 49(4) 352-358.
- 4) SHIMAZUKI.A, SELRIJIMA. M. (1961) I J.Silk SciTech. Japan, 11, 1-8.
- 5) SHIMAZUKI.A.YAMAMOTO A (1962) J.Silk Sci Tech, Japan, 12, 4-7.
- 6) TAKABAYSHI.C & HOSOKAWA. A (1985), Bull. Seric. Exp. Stn., Tsukuba, 29(5), 563-615
- 7) TAKABAYASHI. C, SUBHAS. V.NAIK & H.TSUBOI (1996) J.Seric.Sci. Jpn. ,65, No.4, 278 - 285.
- 8) S.V.NAIK & .SOMASHEKAR (September-2005) Seric.sci

## ETUDES SUR LES FACTEURS INFLUENCANT LA QUALITE DE LA SOIE A TITRE FIN

B. M. MAHADEVAIAHA, S. A. HIREMATH, B. G. PATIL, SUBRATA DAS &  
SUBRATA ROY

Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Ministry of Textiles, Govt. of  
India, B.T.M. Layout, Bangalore – 560 068, Inde.

*On a étudié les paramètres de qualité de la soie grège à titre fin 10/12, 12/14 et 14/16 deniers avec différentes vitesses de dévidage chez les bivoltins et les polyvoltins. Les résultats montrent qu'il y a une baisse de la dévidabilité pour tous les titres et donc une augmentation des déchets de soie (%). On a constaté d'après l'analyse statistique en utilisant la méthode du Z-score qu'on peut obtenir une soie de qualité optimum à titre fin de 10/12, 12/14 et 14/16 avec la soie bivoltine à 220 tpm, 160 tpm et 180 tpm. De même, on peut obtenir une soie de qualité optimum chez le polyvoltin avec les titres 10/12, 12/14 et 14/16 à respectivement 160 tpm, 140 tpm et 140 tpm en prenant en compte les caractères de résistance, d'allongement, de cohésion, de netteté et de propreté.*

### INTRODUCTION

Il existe différentes finesses de soie grège, parmi elles on utilise couramment le titre 20/22 dans l'industrie de la soie pour la production de sarees et de tissus pour les robes. Il y aussi une demande régulière en soie grège à titre fin, c'est-à-dire 10/12, 12/14, 14/16 et on produit une quantité importante de soie grège au titre fin pour la production de soie souple et de fil zari. Certains des facteurs importants qui ont un impact direct sur la productivité et la qualité de la soie grège sont la qualité de la matière première, les paramètres de transformation, les compétences humaines, la qualité de l'eau et les appareils de dévidage. Le rôle indépendant des paramètres ci-dessus ainsi que le rôle interactif d'une combinaison de paramètres n'ont pas encore été étudiés. La qualité du cocon influence la productivité du dévidage de la soie et la qualité de la soie grège. Les caractéristiques qualitatives des cocons dépendent de la race (variété) de ver à soie, de la technologie d'élevage et des conditions atmosphériques maintenues pendant le filage du cocon. Les caractéristiques commerciales importantes des cocons sont l'uniformité de la taille et de la forme, l'épaisseur de la coque, la compacité, les plis sur les cocons, la dévidabilité, la longueur du filament, le titre d'un filament et la richesse soyeuse. Parmi elles, les caractéristiques telles que la forme et la taille du cocon, la richesse soyeuse, la longueur du filament, le titre du filament et la netteté du filament, la propreté, la résistance, l'allongement et la cohésion dépendent entièrement des races de ver à soie.<sup>1</sup> La vitesse de dévidage a un impact direct sur la dévidabilité, la rentrée de soie grège et les caractéristiques qualitatives de la soie grège. En particulier, les caractéristiques d'uniformité, c'est-à-dire l'écart de titre, l'écart maximum de titre, les variations de la régularité et l'allongement de la soie grège

sont influencées de manière significative par la vitesse de dévidage. La vitesse de dévidage dépend de la longueur du filament sans rupture et du % de dévidabilité. Si la vitesse de dévidage est supérieure au niveau optimum, alors les caractéristiques qualitatives de la soie grège mentionnées ci-dessus sont affectées. Ainsi pour obtenir une soie classifiable avec des niveaux de productivité économiquement viables, le choix d'une vitesse de dévidage appropriée est un aspect important.<sup>1</sup>

La température de l'eau de la bassine de dévidage a une influence significative sur la performance de dévidage. Si la température de la bassine est inférieure à ce qui est nécessaire, il y aura beaucoup de cocons plongeants pendant le dévidage. Tandis que si la température de la bassine est plus élevée que nécessaire, la dissolution de la sérécine dans la bassine est plus importante et il se produira plus de problèmes de fil. Il faut donc maintenir une température appropriée de l'eau de la bassine pour obtenir de bons résultats.<sup>1</sup> La longueur de la croisure influence la qualité de la soie grège en particulier les caractéristiques de cohésion et de résistance. Par ailleurs, la croisure enlève les molécules d'eau en trop dans la soie pendant le dévidage. Il est indispensable d'appliquer la croisure nécessaire en fonction du titre de la soie grège et de la vitesse de dévidage pour produire une soie grège de bonne qualité.<sup>1</sup>

Il existe des études sur la vitesse de dévidage pour les titres couramment utilisés dans la littérature technique<sup>1</sup>, mais les études sur la vitesse de dévidage pour la production de soie à titre fin sont limitées. Nous avons donc pensé qu'il était utile d'optimiser la vitesse de dévidage pour les différents titres fins de soie grège chez les variétés bivoltine et polyvoltine afin d'obtenir une meilleure qualité.

## MATERIELS ET METHODES

### Matériels :

On achète des cocons bivoltins (CSR2 × CSR4) et polyvoltins (PM × CSR2) hybrides auprès des marchés gouvernementaux aux cocons, à Ramanagaram et on les utilise pour l'expérience.

### Méthode :

#### Cuisson des cocons :

On cuit les cocons en utilisant un système de cuisson avec deux bassines comme suit :

On conserve les cocons dans une cage perforée de cuisson des cocons et on les immerge dans la première bassine à 90° C pendant environ 30 secondes<sup>2</sup> :

Puis on transfère la cage immédiatement dans la deuxième bassine de cuisson à 96° C pendant environ 2 minutes. Il faut utiliser un disque de pression pour que la cuisson soit uniforme, puis arrêter la vapeur.

On ramène la cage à la première cuisson à 90° C pendant environ 1 minute

Puis on vaporise de l'eau froide lentement pour faire baisser la température à environ 80° C puis on ouvre la cage et on fait tomber les cocons dans la même bassine et on les purge à la même température<sup>3,4</sup>

#### Dévidage multibouts :

Le dévidage de la soie grège est le processus qui consiste à combiner un certain nombre d'extrémités des filaments du cocon ensemble pour former un fil unique au titre souhaité. Dans la bassine de dévidage multibouts, on prévoit un passage du fil approprié pour conserver la tension de dévidage au niveau optimum (0,3 à 0,4 g / d) avec la croisure appropriée. On incorpore un système d'arrêt individuel efficace du mouvement de dévidage pour empêcher la

rupture du fil de soie pendant le dévidage et pour améliorer l'efficacité opérationnelle générale de la bassine. On enregistre aussi les ruptures du fil pendant l'opération. En utilisant un moteur à vitesse variable dans la machine de dévidage multibouts, on utilise des vitesses, c'est-à-dire 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260 et 280 tpm pour la production de soie grège avec différents titres fins de 10/12, 12/14 et 14/16 et 5 répétitions de chaque.

#### **Reflottage :**

Le reflottage consiste au transfert de la soie grège dévidée d'un petit dévidoir à un grand dévidoir (circonférence d'1,5 m) pour ajuster la largeur, le poids et la longueur de la flotte de manière uniforme. On a étudié l'influence des paramètres de reflottage en particulier, les influences des petits dévidoirs et de la vitesse de reflottage (185 tpm) sur l'imprégnation du vide<sup>5,6</sup>, c'est-à-dire l'influence de la température maintenue dans la machine de reflottage sur la qualité de la soie grège de titre fin. Les autres objectifs importants du reflottage sont l'élimination des points de gomme dans la soie dévidée et le rattachement de toutes les extrémités libres pour former une longueur continue de fil de soie<sup>7</sup>. Le processus de reflottage et l'attention accordée au cours du reflottage ont un impact direct sur la performance des flottes de soie grège, afin d'éliminer les parties fines et d'assurer un fonctionnement harmonieux et efficace pendant le processus d'enroulement.

#### **Evaluation :**

##### **Dévidabilité :**

La dévidabilité est le caractère le plus important du cocon qui influence le rendement en soie grège, la productivité et la qualité de la soie grège de manière significative<sup>8</sup>. Si la dévidabilité des cocons est faible, il y aura plus de cocons plongeants pendant le dévidage, ce qui entraînera l'augmentation de jetés de bouts et influencera donc la productivité et l'uniformité de la soie grège. La dévidabilité est influencée à un certain degré par les caractéristiques raciales des cocons, mais la dévidabilité est significativement influencée par la température et l'humidité maintenues pendant le filage des cocons. On calcule la dévidabilité en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ de dévidabilité} = \frac{\text{Nombre de cocons en dévidage}}{\text{Nombre de bouts}} \times 100$$

où

Nombre de cocons en dévidage = (nombre de cocons testés) – (nombre de nouveaux cocons non dévidables) – (nombre de cocons passés convertis)

Nombre de bouts = (Nombre de bouts jetés + nombre de cocons passés) – (Nombre de cocons passés convertis)

Les formules utilisées pour calculer les cocons passés convertis et les cocons non dévidables convertis pour le test de dévidage multibouts sont les suivantes :

$$\text{Cocons passés convertis} = 0,58 \text{ epais} + 0,24 \text{ moyens} + 0,06 \text{ fins}$$

##### **Déchets de soie (%) :**

Les déchets de soie générés pendant la cuisson et le dévidage.

On calcule les déchets de soie en utilisant la formule suivante :

% de déchets de soie =

$$\frac{\text{Poids des déchets totaux de cuisson et de dévidage}}{\text{Poids de la soie grège dévidée}} \times 100$$

#### **Propreté (BIS — IS 2938 : 1992) :**

Le but de ce test est de déterminer le type et le nombre de défauts de propreté de la soie grège. On classe les défauts de propreté en trois groupes : défauts très importants, défauts majeurs, et défauts mineurs. Le contrôle devra avoir lieu à une distance d'environ 0,5 mètres directement devant les planches contrôlées. On compte le nombre réel de défauts de propreté de chaque classe et de chaque type (d'après la photographie standard) d'après les fils des deux côtés du panneau contrôlé en omettant les parties sur ses côtés. On détermine la propreté en déduisant les pénalités totales de 100. La pénalité pour chaque défaut est présentée ci-dessous.

Chaque défaut très important - 1,0

Chaque défaut majeur - 0,4

Chaque défaut mineur - 0,1

Propreté (%) = 100 — pénalités totales

#### **Netteté (BIS — IS 2938 : 1992) :**

Le but de ce test est de déterminer le % de netteté de la soie grège. On détermine le degré de netteté de la soie grège sur la base de l'incidence de défauts, qui sont inférieurs à ceux qui sont classés comme « défauts mineurs de propreté ». Les défauts mineurs des filaments de cocons sont les boucles, la pilosité, les extrémités libres, les nœuds et le duvet. Ces défauts varient avec la race de ver à soie et dépendent presque seulement de la race de ver à soie, bien que les conditions de montée et de dévidage puissent les influencer. Les imperfections ou les défauts qui sont inférieurs aux défauts mineurs de propreté sont connus comme des défauts de netteté. Le contrôleur devra se placer directement à 0,5 m de la planche contrôlée. Chaque panneau sur n'importe quel côté de la planche contrôlée doit être comparé avec attention avec la photographie standard concernant les défauts de netteté et on estime les valeurs de netteté en %. De 100 % à 50 %, on procède à l'estimation en arrondissant à 5 % et en dessous de 50 %, on procède à l'estimation en arrondissant à 10 %. La netteté minimum est la moyenne sur 5 valeurs basses.

#### **Sérigraphie :**

Le but de ce test est d'évaluer la résistance (capacité de port de charge) et l'allongement (élasticité) de la soie grège. L'allongement est la quantité de soie qui s'étire quand on la tire jusqu'au point de rupture. La résistance s'exprime en grammes par denier et l'allongement en %. On réalise le test dans des conditions atmosphériques standard de  $27 \pm 2^\circ \text{C}$  et une humidité de  $65 \pm 2\%$ .

On réalise le test sur une machine de sérigraphie avec un système d'enregistrement automatique pour enregistrer la force et l'allongement. La longueur de l'échantillon est de 10 cm et la mâchoire inférieure parcourt 15 cm par minute. On prépare 10 échantillons test, à partir de 10 bobines, et on teste leur résistance et leur allongement. On arrondit les valeurs et on calcule la moyenne et on l'exprime à une décimale après la virgule.

**Cohésion (BIS-IS 2938 : 1992) :**

Le but de ce test est de déterminer le degré d'agglutination des filaments de cocon qui forment le fil. On place le fil de soie grège en zig zag entre un ensemble de 10 crochets sur chaque côté du cadre de test de la cohésion sous une tension constante et uniforme de telle manière que le fil puisse être soumis à une action de friction à 20 endroits différents de manière simultanée, et on enregistre automatiquement le nombre de coups. On prend 20 échantillons tests sur 50 bobines pour le calcul de la cohésion. Dès qu'on observe 10 ouvertures de plus de 6 mm, on prend le nombre de coups enregistrés pour le calcul de la moyenne.

**RESULTATS ET DISCUSSION**

La performance concernant la dévidabilité (%), les déchets de soie (%) et les ruptures de fils des cocons bivoltins et polyvoltins aux titres 10/12, 12/14 et 14/16 sont présentés respectivement dans les Tableau I, Tableau II et Tableau III.

**Dévidabilité et déchets de soie (%) :**

On observe d'après le Tableau I (titre 10/12) que lorsqu'on augmente la vitesse de la machine de dévidage de 120 tpm à 280 tpm, il y a une baisse du % de dévidabilité de 89,24 à 81,52 pour les cocons bivoltins et de 90,79 à 81,81 pour les cocons polyvoltins, tandis qu'il y a une augmentation des déchets de soie (%) de 8,01 à 14,68 pour les bivoltins et de 10,73 à 21,28 pour les cocons polyvoltins. Cependant, il n'y a pas de ruptures de fil jusqu'à 240 tpm dans le cas du titre 10/12, comme le montre le Tableau I. Dans le cas du titre 12/14 de la soie grège, le % de dévidabilité baisse de 86,29 à 79,16 chez les bivoltins et de 89,96 à 82,77 pour les cocons polyvoltins, tandis que le % de déchets de soie augmente de 9,29 à 17,37 chez les bivoltins et de 13,61 à 20,04 chez les cocons polyvoltins et qu'il n'y a pas de rupture de fil jusqu'à 220 tpm, comme le montre le Tableau II. On constate aussi dans le Tableau III, que lorsqu'on augmente la vitesse de la machine de dévidage de 120tpm à 280 tpm, la dévidabilité (%) baisse de 86,61 à 79,68 chez les bivoltins et de 88,39 à 82,77 chez les cocons polyvoltins. Les déchets de soie augmentent (%) de 8,71 à 16,19 chez les bivoltins et de 15,70 à 21,72 chez les cocons polyvoltins et il n'y a pas de rupture de fil jusqu'à 240 tpm dans le cas du titre 14/16. La baisse de la dévidabilité avec tous les titres de soie étudiés avec l'augmentation de la vitesse de la machine de dévidage indique qu'il y a une augmentation de la tension du fil, qui entraîne des jetés de bouts chez plus de cocons à cause des ruptures de fil, ce qui génère plus de déchets de soie.

**Qualité de la soie grège :**

Les résultats concernant la performance de la soie grège bivoltine pour la cohésion, la netteté, la propreté, la résistance (g/d), l'allongement (%) pour les titres 10/12, 12/14 et 14/16 sont présentés dans le Tableau IV. On observe qu'avec l'augmentation de la vitesse de la machine de 120 tpm à 280 tpm, les caractères de cohésion augmentent de 42 à 49, la netteté baisse de 95 % à 90 %, la propreté baisse de 95 à 90 % et la résistance (g/d) augmente de 3,69 à 4,32 et l'allongement baisse de 18,52 à 15,80 dans le cas du titre 10/12.

Le Tableau V présente les résultats concernant la performance de la soie grège bivoltine pour la cohésion, la netteté et la propreté avec le titre 12/14. On observe qu'avec l'augmentation de la vitesse de la machine de 120tpm à 280 tpm les caractères de cohésion augmentent de 46 à 64 coups, la netteté baisse de 95 à 90 %. La propreté baisse de 95 à 90 %, la résistance augmente de 3,59 à 4,61 et l'allongement baisse de 20,20 à 16,40. Dans le cas du titre 14/16, les

caractères de cohésion augmentent de 42 à 64 coups, la netteté baisse de 95 à 90 %, la propreté baisse de 95 à 90 %, la résistance augmente de 3,30 à 4,23 et l'allongement baisse de 20,00 à 17,60 dans le cas du titre 14/16, comme le montre le Tableau VI.

Les résultats concernant la performance de la soie grège polyvoltine pour la cohésion, la netteté, la propreté, la résistance (g/d), l'allongement (%) pour le titre 10/12 sont présentés dans le Tableau VII. On observe qu'avec l'augmentation de la vitesse de la machine de 120 tpm à 280 tpm les caractères de cohésion augmentent de 24 à 40 coups, la netteté baisse de 93 à 80 %, la propreté baisse de 90 à 80 %, la résistance (g/d) augmente de 3,20 à 4,35 et l'allongement baisse de 18 à 15,20 %. Dans le Tableau VIII, on observe qu'avec l'augmentation de la vitesse de la machine de 120 tpm à 280 tpm, les caractères de cohésion augmentent de 28 à 42 coups, la netteté baisse de 93 à 80 %, la propreté baisse de 90 à 80 %, la résistance (g/d) augmente de 3,43 à 3,66 et l'allongement baisse de 18 à 16,20 % dans le cas du titre 12/14. Les caractères de cohésion augmentent de 28 à 46 coups, la netteté baisse de 93 à 80 %, la propreté baisse de 90 à 80 %, la résistance (g/d) augmente aussi de 3,21 à 4,21 et l'allongement baisse de 18,25 à 16,20 % dans le cas du titre 14/16, comme le montre le Tableau IX.

**Détermination du classement pour évaluer la vitesse de dévidage avec un titre différent :**

#### Calcul du Z-score :

La probabilité d'un résultat  $x$  dans une expérience constituée d'un grand nombre d'essais indépendants également probables  $n$  est approximée grâce à la fonction de densité de la probabilité normale :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Où  $\mu$ , la *valeur moyenne*, est  $n/2$  et  $\sigma$ , l'*écart type*, est une mesure de la largeur de la courbe qui, pour les expériences avec deux résultats également probables pour chaque essai est :

$$\sigma = \sqrt{\mu/2} = \sqrt{n/4}$$

Puisque la valeur moyenne et l'écart type dépendent du nombre d'essais de l'expérience, la comparaison entre les expériences avec des nombres d'essais différents est facilitée en *standardisant* le résultat en le transformant en une distribution avec une valeur moyenne de zéro et un écart type de 1. Un résultat expérimental normalement distribué  $x$  est donc standardisé en soustrayant la moyenne et en divisant par l'écart type de l'expérience.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Cette *valeur z* ou *z score* exprime la divergence du résultat expérimental  $x$  par rapport au résultat le plus probable  $\mu$ , en tant qu'un nombre d'écarts types  $\sigma$ . Plus la valeur de  $z$  est élevée, moins le résultat expérimental est dû au hasard.

La dévidabilité est le paramètre le plus important dans le processus de dévidage et elle est étroitement associée au rendement en soie grège. Si elle baisse, les autres paramètres de dévidage sont affectés, ce qui génère plus de déchets de soie, plus de problèmes de fil et un titre irrégulier. Quand on analyse les résultats en utilisant la méthode du z-score pour les bivoltins (Tableau IV), 220 tpm obtient le point le plus élevé, c'est-à-dire 1,95 par comparaison aux autres vitesses et se classe premier. De même, en utilisant la méthode du Z-score, on constate d'après les Tableaux V et VI que les vitesses recommandées avec les titres 12/14 et 14/16 sont respectivement 160 tpm et 180 tpm. En analysant les résultats avec la méthode Z-score chez les polyvoltins (Tableau VII), 160 tpm obtient le point le plus élevé, c'est-à-dire 1,46, par comparaison aux autres vitesses et se classe premier. De même, en utilisant la méthode du Z-score, on constate d'après les Tableaux VIII et IX que la vitesse recommandée dans le cas des titres 12/14 et 14/16 est respectivement 140 tpm et 140 tpm.

### CONCLUSION

On a étudié les soies grèges aux titres fins 10/12, 12/14 et 14/16 par rapport à leurs paramètres de qualité chez les cocons bivoltins et polyvoltins avec différentes vitesses de dévidage. Les résultats montrent qu'avec l'augmentation de la vitesse de dévidage, il y a une baisse de la dévidabilité (%) et une génération plus importante de déchets de soie (%). On a aussi constaté que quand la vitesse de dévidage augmente, la valeur de la cohésion augmente et les caractéristiques visuelles telles que la netteté et la propreté (%) baissent chez les deux soies bivoltine et polyvoltine aux titres de différentes valeurs.

## **STRUCTURE AND INNERVATION OF SENSILLA PRESENT ON THE OVIPOSITOR OF THE SILKMOTH, *BOMBYX MORI* L.**

**S. M. WAZALWAR, M. M. RAI\*, M. K. RATHOD AND A. M. KHURAD**

Centre for Sericulture and Biological Pest Management Research (CSBR), RTM Nagpur University, Ambavihar, Nagpur – 440022, India. Email: manoj\_ngp@rediffmail.com

*A large number of long sensilla are present on the ovipositor of **Bombyx mori**. Some short spine-like sensilla are also found at the lowermost end of the ovipositor. Each sensillum is innervated by a single neuron, being a characteristic feature of the mechanoreceptors. Some of the sensilla on the ovipositor have blunt tips, which is a characteristic of chemoreceptors.*

**Keywords:** Mechanoreceptors, ovipositor, sensilla, chemoreceptors

### **INTRODUCTION**

Insects rely more heavily on chemical signals than any other form of communication. The receptors, which help in these chemical communications, are known as chemoreceptors. The insects are equipped with a variety of specialized sensilla (chemoreceptors), which influence different behaviors like feeding, mating, and oviposition (Akai, 1976). The complete chemosensory system of monophagous grasshopper, *Boettettix argentatus* Burner has been described by Chapman and Fraser (1989). The sensilla found on ovipositor are known to play a role in egg laying behavior in several insects (Browne, 1960; Fox, 1966; Myres, 1969; Norris, 1970; Brown and Anderson, 1998). In some insects the females release their eggs into the water by dipping the abdominal tip below the water surface as observed in dipteran families such as Chironomidae (Armitage *et al.*, 1995), Tipulidae (Hofsvang, 1997) and the most Ephemeropterans (Bauernfeind and Humpesch, 2001). The choice of oviposition site for lepidopteran species is especially decisive for larval development as they are adapted to a limited number of host plants (van Loon, 1996; Ochieng *et al.*, 2000). Geethabali and Manjulakumari (1987) have shown the presence of four types of sensilla on the ovipositor of *B. mori* ranging between 203 and 667  $\mu$ m in length. In *B. mori* the egg count was low with the ablation of sensilla present on the ovipositor and also fewer eggs were laid on rough surface (Manjulakumari and Geethabali, 1991).

The contact chemoreceptors present on antennae and maxillary palps in many insects are involved in olfaction, whereas from other regions like head, wings, legs, ovipositor etc. act as contact chemoreceptors (Shanbhag *et al.*, 2001). Contact chemoreceptors located on ovipositor and genital segments of the locust serve to control the chemical features of the substrate before and during oviposition (Tousson and Hustert, 2000).

---

\* Corresponding author

The chemoreceptors are also responsible for recognizing non volatile chemical signals, such as sex pheromones for mating (Valenta *et al.*, 2000), host plant extracts for oviposition (Hurter *et al.*, 1999), plant kairomones (Chapman, 2003) and contact kairomones (Pitts *et al.*, 2004). These contact chemoreceptor sensilla may be involved in detecting some specific chemical substances such as kairomones that stimulate females of *Gasterophilus nasalis* to lay their eggs on hair of the host (Fernandes *et al.*, 2005).

Some species deposit their eggs on submerged substrates. The insects laying their eggs on specific substrates are adapted in the presence of mechano- and chemoreceptors on the ovipositor. In *B. mori* since mated females are offered various types of substrate for egg laying, no attempts were made to investigate the structure and innervation of contact chemoreceptors present on the ovipositor of *B. mori*. The present work describes the scanning electron microscopic structures and the nerve innervations of sensilla found on the ovipositor of *B. mori*.

## MATERIALS AND METHODS

### i) SEM:

The rear portion of abdomen of newly emerged female moth was slightly pressed to expose the ovipositor and clipped the last two abdominal segments. The isolated ovipositors were boiled in 10% KOH, dehydrated in ethyl alcohol, transferred to cold acetone, dried at room temperature and mounted on a metal stub. The material was coated with gold palladium alloy in a Poloron Automatic Unit and observed under Jeol Scanning Electron Microscope at JNARDDC, Nagpur.

### ii) Nerve innervation:

About 0.5ml of 1% methylene blue prepared in silkworm saline (Yamaoka, 1977) and injected into the freshly emerged female moths. After one hour, the ovipositor was dissected out and fixed in 8% ammonium molybdate for 24 hours at 4° C. The material was washed thoroughly in distilled water, dehydrated in ethanol repeatedly thrice, cleared in xylene and mounted.

## RESULTS

The ovipositor is a triangular cushion like soft structure. On the dorsal side of the ovipositor, long hairs are found on the lateral margin, which measured about  $556.09 \pm 7.90 \mu\text{m}$  in length. The central region of ovipositor is without sensilla but some foldings are observed (Fig. 1). On these folding small overlapping hair like microtrichia with blunt and pointed tips are present. They measured about  $8.89 \pm 0.1625 \mu\text{m}$  in length (Fig. 2).

The ventral surface is covered with long hairs admeasuring  $547.18 \pm 8.17 \mu\text{m}$  in length having manifold with the microtrichia (Figs. 3, 4). On the lower region some small, pointed microtrichia admeasuring about  $3.89 \pm 0.13 \mu\text{m}$  are present. They resemble microtrichia found on dorsal region but are placed apart from each other (Fig. 5).

Each sensilla, irrespective of type, is innervated by a single neuron, just below the sensillum. The dendrite termination is also observed at the base of sensilla (Fig. 6).

## DISCUSSION

The nomenclature of sensilla present on the ovipositor is still inconsistent (Hallberg and Hansson, 1999) because the external structure of sensillum does not clearly indicate their physiological function (Altner and Prillinger, 1980).

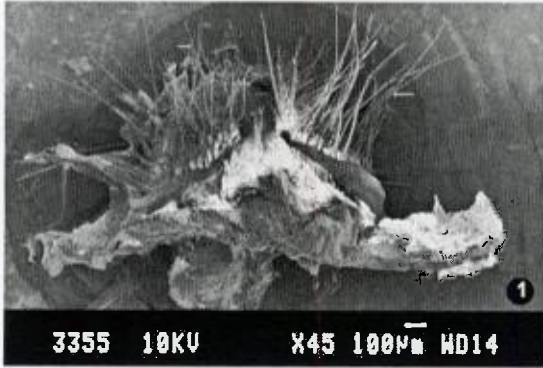


Fig. 1. Photomicrograph of ovipositor of *B. mori* showing long sensilla on tip and lateral side (←).

*Fig. 1. Photomicrographie de l'ovipositeur de B. mori montrant les longues sensilles sur l'extrémité du côté latéral (←).*

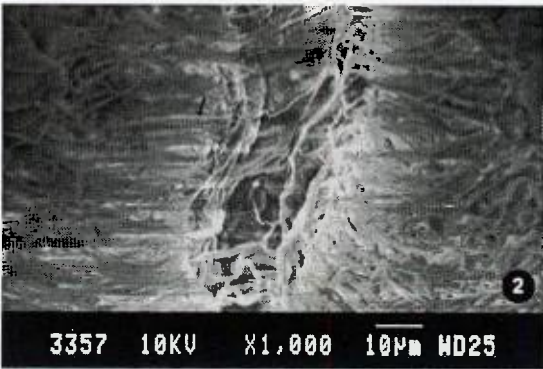


Fig. 2. Central region magnified to show microtrichia (←).

*Fig. 2. Zone centrale agrandie pour montrer les microtriches (←).*

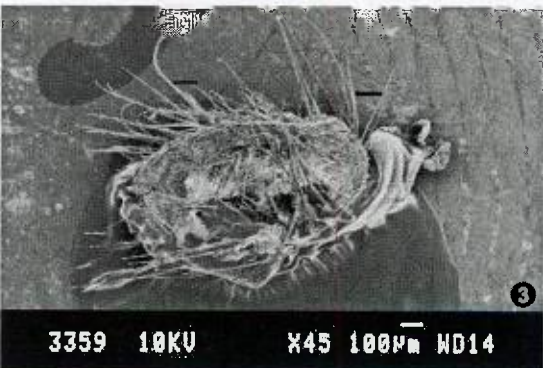


Fig. 3. Photomicrograph of ventral side of ovipositor showing small sensilla at the lowermost region of ovipositor (←).

*Fig. 3. Photomicrographie du côté ventral de l'ovipositeur montrant de petites sensilles dans la partie la plus basse de l'ovipositeur (←).*

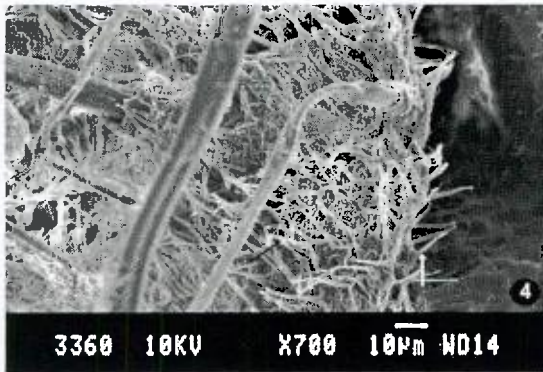


Fig. 4. Photomicrograph showing microtrichia (←) in between folds on ventral side.

*Fig. 4. Photomicrographie montrant les microtriches (←) entre les plis du côté ventral.*

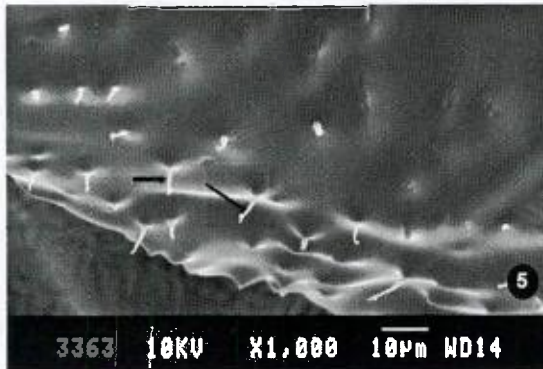


Fig. 5. Photomicrograph of ovipositor showing small sensilla at the lower most region of ovipositor.

*Fig. 5. Photomicrographie de l'ovipositeur montrant de petites sensilles dans la partie la plus basse de l'ovipositeur.*

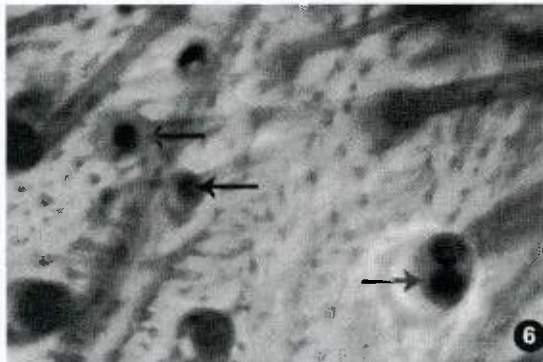


Fig. 6. Photograph showing dendrites at the base of sensillum. Methylene blue staining (100 X).

*Fig. 6. Photographie montrant les dendrites à la base de la sensille. Coloration au bleu de méthylène (100 X).*

The reports on sensilla of adult lepidopterans and review on insect sensilla (Faucheux, 1988; Anderson and Hallberg, 1990; Faucheux, 1991, 1995; Altner and Prillinger, 1980; Altner *et al.*, 1983; Keil, 1997; Steinbrecht, 1997; Hallberg and Hansson, 1999) allow to discuss the possible function of the sensilla found on the ovipositor of *B. mori*. In case of *Rhynchophorus ferrugineus* ventral surface of external genitalia is densely covered with three types of trichoid sensilla, different in length and sensilla placoidea are found scattered in between (Sharaby and Ai-Dosary, 2007). In case of *B. mori* dorsal and ventral margins of ovipositor are densely covered with long trichoid sensilla, however sensilla placoidea are not found. The long trichoid sensilla observed on the surface and margins of the ovipositor of *B. mori* may be interpreted as receptors for tactile stimuli. These sensilla may support the female in finding suitable egg-laying places without visual observations.

In insects, the number of neurons associated with hair sensilla ranges from a single neuron to fifty or even more having multiple innervation found in chemoreceptors (Slifer *et al.*, 1959; Slifer and Sekhon, 1964). Faucheux (1991) found that ovipositor surface of *Homoiosoma nebulella* is covered by three types of a porous trichoid sensilla and about 60 multiporous basiconic sensilla. The role of trichoid sensilla is site selection but presence of basiconic sensilla on ovipositor is unusual. Basiconic sensilla are not found in *B. mori*.

Generally, mechanoreceptors are known to be innervated by a single bipolar neuron (Wigglesworth, 1972; Wazalwar and Tembhare, 2000). Earlier studies in *B. mori*, showed many hairs with pointed tips, which is a common feature of mechanoreceptors (Geethabali and Manjulakumari, 1987). Behavioral studies carried out in the laboratory confirmed that the sensory hairs on the ovipositor of *B. mori* play critical role in finding the oviposition site (Manjulakumari and Geethabali, 1991). It has been reported that some of the hairs had blunt tips and could be backfilled with silver stain (Geethabali and Manjulakumari, 1987), which represents the characteristic feature of chemoreceptors (Wigglesworth, 1972).

Thus both, pointed as well as blunt sensilla present on the ovipositor might be functioning as mechano- and chemoreceptors respectively on the ovipositor. The small pointed microtrichia present on the lowermost region are basically mechanoreceptors but the exact role of these in *B. mori* need to be investigated.

## REFERENCES

- AKAI H. (1976) Surface structures of insects. Tokyo University Press, Tokyo, 1-139.
- ALTNER H., PRILLINGER L. (1980) Ultra structure of invertebrate chemo-, thermo- and hygroreceptors and its functional significance. *Inter. Review of Cytology* 67: 69-139.
- ALTNER H., SCHALLER-SELZER L., STETTER H., WOHLRAB I. (1983) Poreless sensilla with inflexible sockets. *Cell and Tissue Research* 234: 279-307.
- ANDERSON P., HALLBERG E. (1990) Structure and distribution of tactile and bimodal taste/tactile sensilla on the ovipositor, tarsi and antennae of the flour moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Inter. J. Insect Morphol. Embryol.* 19: 13-23.
- ARMITAGE P., CRANSTON P. S., PINDER L. V. C. (1995) The Chironomidae. Chapman and Hall, London.
- BAUERNFEIND E., HUMPECH U. H. (2001) Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums. Wien: 239 pp.
- BROWNE B.L. (1960) The role of olfaction in the stimulation of oviposition in the blow fly, *Phormia regina*. *J. Insect Physiol.* 5: 16-22.
- BROWN P. E., ANDERSON M. (1998) Morphology and ultrastructure of sense organs on the

- ovipositor of *Trybliographa repae*, a parasitoid of the cabbage root fly. J. Insect Physiol. 14: 1017-1025.
- CHAPMAN R. F. (2003) Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. Annual review of Entomology 48: 455- 484.
- CHAPMAN R. F., FRASER J. (1989) The chemosensory system of the monophagus grasshopper, *Boottettix argentatus* Bruner (Orthoptera: Acrididae). Inter. J. Insect Morphol. Embryol. 18: 111-118.
- FAUCHEUX M. J. (1988) Multiporous sensilla on the ovipositor of *Monopis crocicapitella* Clem. (Lepidoptera: Tineidae). Inter. J. Insect Morphol. Embryol. 7: 473-475.
- FAUCHEUX M. J. (1991) Morphology and distribution of sensilla on the cephalic appendages, tarsi and ovipositor of the European sunflower moth, *Homoeosoma nebulella*. Inter. J. Insect Morphol. Embryol. 20: 291-307.
- FAUCHEUX M. J. (1995) Sensilla on the antennae, mouthparts, tarsi and ovipositor of the sunflower moth, *Homoeosoma electellum*. Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris 13 Serie, 16: 121-136.
- FERNANDES F. F., FREITAS E. P. S., LINARDI P. M., PIMENTA P. F. P. (2005) Ultrastructure of contact chemoreceptor sensilla found among the genae of female, *Gasterophilus nasalis*. J. Parasitol. 91 (5) : 1218-1220.
- FOX R. M. (1966) Forlegs of butterflies I. Introduction: Chemoreception. J. Res. Lepidoptera 5: 1-12.
- GEETHABALI, MANJULAKUMARI D. (1987) Oviposition in silkworm and its control. Sericologia, 27(2) : 319-328.
- HALLBERG E., HANSSON B. S. (1999) Arthropod sensilla: morphology and phylogenetic considerations. Microscopy Research and Technique 47: 428 - 439.
- HOFVANG T. (1997) Diptera: Tipulidae, crane flies. In: Nilsson A, Editor Aquatic Insects of North Europe. 93-98, Volume 2. Stenstrup: Apollo Books.
- HURTER J., RAMP T., PATRIAN B., STADLER E., ROESSINGH P., BAUR R., DE JONG R., NIELSEN J. K., WINKLER T., RICHTER W. J., MULLER D., ERNST B. (1999) Oviposition stimulants for the cabbage root fly: Isolation from cabbage leaves. Phytochemistry 51: 377-382.
- KEIL T. (1997) Functional morphology of insect mechanoreceptors. Microscopy Research and Technique 39: 506-531.
- MANJULAKUMARI D., GEETHABALI (1991) Ovipositional response of *Bombyx mori* L. to different texture of substratum. Entomon 16 (1): 11-15.
- MYERS J. (1969) Distribution of food plant chemoreceptors on the female Florida Queen Butterfly, *Danaus gillippus* Berenice (Nymphalidae). J. Lepido. Soc. 23: 196-198.
- NORRIS M. J. (1970) Aggregation response in ovipositing females of desert locust with special reference to chemical factor. J. Insect Physiol. 16: 1493- 1515.
- OCHIENG S. A., PARK K. C., ZHU J. W., BAKERT C. (2000) Functional Morphology of antennal chemoreceptors of the parasitoid, *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). Arthropod Structure and Development 20 :231-240.
- PITTS R. J., FOX A. N., ZWIEBEL L. J. (2004) A highly conserved candidate chemoreceptor expressed on both olfactory and gustatory tissues in the malaria vector, *Anopheles gambiae*. Proceedings National Academy of Sciences USA. 101: 5058-5063.
- SHANBHAG S. R., PARK S. K., PIKIELNY C. W., STEINBRECHT R. A. (2001) Gustatory organs of *Drosophila melanogaster*. Fine structure and expression of the putative odorant-binding protein PBPRP2. Cell and Tissue Research 304: 423-437.

- SHARABY A. M., AI-DOSARY M. M. (2007) Ultra morphological Structure of sensory sensilla on the legs and external genitalia of the red Palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.). Saudi J. of Biological Sciences 14(1): 29-36.
- SLIFER E. H., PRESTAGE J. J., BEAMS H. W. (1959) The chemoreceptors and other sense organs on the antennal flagellum of the grasshopper (Orthoptera, Acrididae). J. Morphol. 105: 145-191.
- SLIFER E. H., SEKHON S. S. (1964) The dendrites of the thin walled olfactory pegs of the grasshopper (Orthoptera, Acrididae). J. Morphol. 114 : 393-410.
- STEINBRECHT R.A. (1997) Pore structures in insect olfactory sensilla: a review of data and concepts. Inter. J. Insect Morphol. Embryol. 26 : 229-245.
- TOUSSON E., HUSTERT R. (2000). Central projections from contact chemoreceptors of the locust ovipositor and adjacent cuticle. Cell and Tissue Research 302(2): 285-294.
- VALENTA D. T., KILLICK-KENDRICK R., KILLICK-KENDRICK M. (2000) Courtship and mating by the sandfly, *Phlebotomus duboscqi*, a vector of zoonotic cutaneous leishmaniasis in the Afrotropical region. Medical and Veterinary Entomol. 14: 207-212.
- VAN LOON J. J. A. (1996) Chemosensory basis of feeding and oviposition behavior in herbivorous insects: a glance at the peripheri. Entomologia Experimentalis et Applicata 80: 7-13.
- WIGGLESWORTH (1972) The principles of Insect Physiology, Chapman and Hall Ltd.
- WAZALWAR S. M., TEMBHARE D. B. (2000) Innervation of mouthpart sensilla in the dragonfly, *Brachythemis contaminata* (Fabricus). Odonatologica 29 : 359-364.
- YAMAOKA K. (1977) The central nervous function in ovipositional behavior of *Bombyx mori* with special reference to the spontaneous nervous activity. In: Advances in invertebrate Reproduction Vol. 1, Adiyodi, K. G. (Eds). Perlam- Kenotu: Kerala, India. 1: 414-431.

## STRUCTURE ET INNERVATION DES SENSILLES PRESENTES SUR L'OVIPOSITEUR DU PAPILLON DU VER A SOIE, *BOMBYX MORI* L.

S. M. WAZALWAR, M. M. RAI\*, M. K. RATHOD AND A. M. KHURAD

Centre for Sericulture and Biological Pest Management Research (CSBR), RTM Nagpur  
University, Ambavihar, Nagpur – 440022, Inde. Email: manoj\_ngp@rediffmail.com

*Un grand nombre de sensilles longues sont présentes sur l'ovipositeur de **Bombyx mori**. On trouve aussi certaines sensilles courtes en forme d'épines sur la partie la plus basse de l'ovipositeur. Chaque sensille est innervée par un neurone unique, ce qui est une caractéristique des mécano-récepteurs. Certaines des sensilles sur l'ovipositeur ont des extrémités arrondies, ce qui est une caractéristique des chimio-récepteurs.*

### INTRODUCTION

Les insectes comptent plus fortement sur les signaux chimiques que sur n'importe quelle autre forme de communication. Les récepteurs qui aident ces communications chimiques sont connus comme les chimiorécepteurs. Les insectes sont équipés d'un ensemble de sensilles spécialisées (chimiorécepteurs), qui influencent différents comportements comme l'alimentation, l'accouplement et la ponte (Akai, 1976). Chapman et Fraser (1989) ont décrit le système chimiosensoriel complet de la sauterelle monophage, *Boettettia argentatus* Burner. On sait que les sensilles que l'on trouve sur l'ovipositeur jouent un rôle dans le comportement de ponte de plusieurs insectes (Browne, 1960 ; Fox, 1966 ; Myres, 1969 ; Norris, 1970 ; Brown et Anderson, 1998). Chez certains insectes, les femelles libèrent leurs œufs dans l'eau en plongeant l'extrémité abdominale en dessous de la surface de l'eau, comme on l'observe chez des familles diptères telles que Chironomidae (Armitage et coll., 1995), Tipulidae (Hofsvang, 1997) et la plupart des Ephéméroptères (Bauernfeind et Humpesch, 2001). Le choix du lieu de ponte pour les espèces lépidoptères est surtout décisif pour le développement larvaire, car ils sont adaptés à un nombre limité de plantes hôtes (Van Loon, 1996 ; Ochieng et coll., 2000). Geethabali et Manjulakumari (1987) ont montré la présence de quatre types de sensilles sur l'ovipositeur de *B. mori* dont la longueur est comprise entre 203 et 667 µm. Chez *B. mori*, on compte moins d'œufs lorsqu'on procède à l'ablation des sensilles présentes sur l'ovipositeur ainsi qu'une ponte moins importante d'œufs sur une surface rugueuse (Manjulakumari et Geethabali, 1991).

---

\* Auteur auquel adresser la correspondance

Les chimiorécepteurs de contact présents sur les antennes et les palpes maxillaires chez de nombreux insectes sont impliqués dans l'olfaction, tandis que pour d'autres zones, comme la tête, les ailes, les pattes, l'ovipositeur, etc., ils agissent comme chimiorécepteurs de contact (Shanbhag et coll., 2001). Les chimiorécepteurs de contact situés sur l'ovipositeur et les parties génitales de la sauterelle servent à contrôler les caractéristiques chimiques du substrat avant et pendant la ponte (Tousson et Hustert, 2000).

Les chimiorécepteurs sont aussi responsables de la reconnaissance des signaux chimiques non volatiles, tels que les phéromones sexuelles pour l'accouplement (Valenta et coll., 2000), les extraits de plantes hôtes pour la ponte (Hurter et coll., 1999), les kéromones des plantes (Chapman, 2003) et les kéromones de contact (Pitts et coll., 2004). Ces sensilles chimiorécepteurs de contact pourraient être impliquées dans la détection de certaines substances chimiques spécifiques telles que les kéromones qui stimulent les femelles de *Gasterophilus nasalis* pour qu'elles pondent leurs œufs sur les poils de l'hôte (Fernandes et coll., 2005).

Certaines espèces déposent leurs œufs sur des substrats submergés. Les insectes qui pondent leurs œufs sur des substrats spécifiques sont adaptés à la présence de mécano et chimiorécepteurs sur l'ovipositeur. Chez *B. mori*, puisque la ponte des œufs par les femelles fécondées peut avoir lieu sur plusieurs types de substrats, on n'a pas tenté d'étudier la structure et l'innervation des chimiorécepteurs de contact présents sur l'ovipositeur de *B. mori*. Cette étude décrit les structures et les innervations nerveuses des sensilles trouvées sur l'ovipositeur de *B. mori* par microscopie électronique par balayage.

## MATERIELS ET METHODES

### SEM :

On presse légèrement la partie arrière de l'abdomen du papillon femelle qui vient d'émerger pour exposer l'ovipositeur et on coupe les deux derniers segments abdominaux. On fait bouillir les ovipositeurs isolés dans du KOH à 10 %, on les déshydrate dans de l'alcool éthylique, on les transfère dans de l'acétone froid, on les sèche à température ambiante et on les monte sur un montant métallique. On enduit le matériel avec un alliage d'or palladium dans une unité automatique Poloron et on l'observe sous un Microscope Electronique par balayage Jeol à JNARDDC, Nagpur.

### ii) Innervation des nerfs :

On prépare environ 0,5 ml de bleu de méthylène à 1 % dans un sérum physiologique de ver à soie et on l'injecte chez les papillons femelles venant d'émerger. Au bout d'une heure, on dissèque l'ovipositeur et on le fixe dans du molybdate d'ammonium à 8 % pendant 24 heures à 4° C. On lave soigneusement le matériel dans de l'eau distillée, on le déshydrate dans de l'éthanol de manière répétée trois fois, on le clarifie dans du xylène et on le monte.

## RESULTATS

L'ovipositeur est une structure triangulaire souple ressemblant à un coussin. Sur le côté dorsal de l'ovipositeur, on trouve des poils longs sur le bord latéral, qui mesurent environ  $556,09 \pm 7,90 \mu\text{m}$  de longueur. La partie centrale de l'ovipositeur est sans sensilles, mais on observe des plis (Fig. 1). Sur ces plis, de petits poils qui se chevauchent comme des microtriches aux extrémités arrondies et pointues sont présents. Ils mesurent environ  $8,89 \pm 0,1625 \mu\text{m}$  de longueur (Fig. 2).

La surface ventrale est couverte de poils longs mesurant  $547,18 \pm 8,17 \mu\text{m}$  de longueur multiples et de microtriches (Figs. 3, 4). Sur la partie la plus basse, de petites microtriches

pointues mesurant  $3,89 \pm 0,13 \mu\text{m}$  sont présentes. Elles ressemblent à des microtriches que l'on trouve sur la partie dorsale, mais sont distantes les unes des autres (Fig. 5).

Chaque sensille, quel que soit le type, est innervée par un neurone unique, juste en dessous du sensillum. On observe aussi une terminaison dendrite à la base des sensilles (Fig. 6).

## DISCUSSION

La nomenclature des sensilles présentes sur l'ovipositeur est toujours incohérente (Hallberg et Hansson, 1999), parce que la structure externe du sensillum n'indique pas clairement leur fonction physiologique (Altner et Prillinger, 1980).

Les rapports sur les sensilles des lépidoptères adultes et les revues sur les sensilles des insectes (Faucheux, 1988 ; Anderson et Hallberg, 1990 ; Faucheux, 1991, 1995 ; Altner et Prillinger, 1980 ; Altner et coll., 1983 ; Keil, 1997 ; Steinbrecht, 1997 ; Hallberg et Hansson, 1999) permettent de discuter de la fonction possible des sensilles que l'on trouve sur l'ovipositeur de *B. mori*. Dans le cas de *Rhynchophorus ferrugineus*, la surface ventrale des parties génitales externes est densément recouverte de trois types de sensilles trichoïdes, de longueur différente et on trouve des sensilla placoïdea éparpillées entre (Sharaby et Ai-Dosary, 2007). Dans le cas de *B. mori*, les bords dorsal et ventral de l'ovipositeur sont densément recouverts de longues sensilles trichoïdes, cependant on ne trouve pas de sensilla placoïdea. On pourrait interpréter les longues sensilles trichoïdes que l'on observe sur la surface et les bords de l'ovipositeur de *B. mori* comme des récepteurs pour les stimuli tactiles. Ces sensilles pourraient aider la femelle à trouver des endroits adaptés pour la ponte des œufs sans signaux visuels.

Chez les insectes, le nombre de neurones associé avec les sensilles poilues est compris entre un à cinquante neurones ou même plus et ont des innervations multiples que l'on trouve chez les chimiorécepteurs (Slifer et coll., 1959 ; Slifer et Sekhon, 1964). Faucheux (1991) a constaté que la surface de l'ovipositeur d'*Homoiosoma nebulella* est couverte de trois types de sensilles trichoïdes poreuses et d'environ 60 sensilles basiconiques multiporeuses. Le rôle des sensilles trichoïdes est le choix de l'emplacement, mais la présence de sensilles basiconiques sur l'ovipositeur est inhabituelle. On ne trouve pas de sensilles basiconiques chez *B. mori*.

En général, on sait que les mécanorécepteurs sont innervés par un neurone bipolaire unique (Wigglesworth, 1972 ; Wazalwar et Tembhare, 2000). Des études antérieures chez *B. mori*, ont montré de nombreux poils aux extrémités pointues, ce qui est une caractéristique commune des mécano-récepteurs (Geethabali et Manjulakumari, 1987). Les études comportementales réalisées en laboratoire confirment que les poils sensoriels sur l'ovipositeur de *B. mori* jouent un rôle critique pour trouver un endroit pour la ponte (Manjulakumari et Geethabali, 1991). On a signalé que certains poils ont des extrémités arrondies et pourraient être remplis de colorant argent (Geethabali et Manjulakumari, 1987), ce qui représente la caractéristique des chimiorécepteurs (Wigglesworth, 1972).

Les sensilles pointues et arrondies présentes sur l'ovipositeur pourraient donc fonctionner respectivement comme des mécano- et chimiorécepteurs sur l'ovipositeur. Les petites microtriches pointues présentes sur la partie la plus basse sont en fait des mécanorécepteurs, mais il faudrait étudier leur rôle exact chez *B. mori*.

**Directeur Gérant : Dr B. MAUCHAMP**

**Dépôt légal : 1er trimestre 2012**